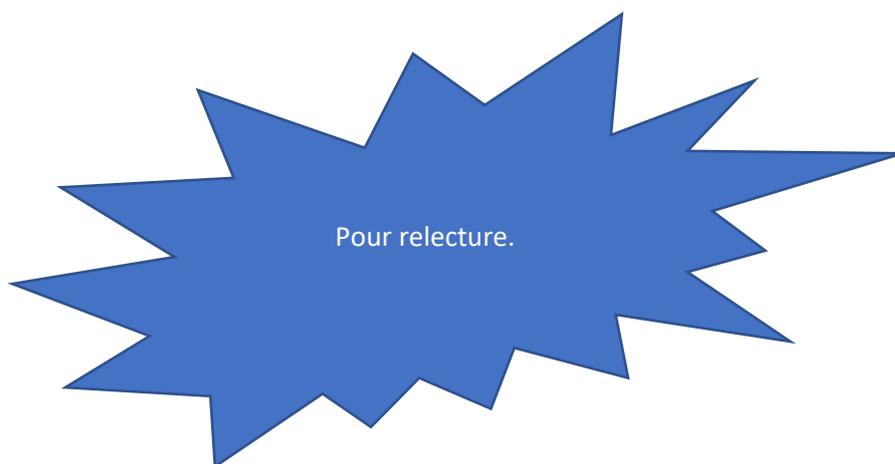


Mise en pratique du lissage
Exemple de la roue Br du fascicule 61 titre II
Groupe de Travail sur les éléments finis

Rédacteur : D. Guth – version 0 – 2020/05/04

Table des matières

1	Objet.....	2
2	Calcul avec des mailles de 25x25 cm ²	3
3	Synthèse - Conclusion.....	6
4	ANNEXE 1 - Calculs EF complémentaires	8
4.1	Utilisation d'un lissage automatisé – charge répartie – maille 25x25 cm ²	8
4.2	Utilisation d'un lissage automatisé – charge répartie – maille 100x100 cm ²	12
4.3	Lissage avec une force ponctuelle.....	14
4.4	Répartition de la charge sur plusieurs charges ponctuelles.....	16
5	ANNEXE 2 – Abaques du SETRA – Bulletin technique n°1	17
6	ANNEXE 3 – Abaques de Pücher.....	19
7	ANNEXE 4 – Données du calcul EF.....	21



1 Objet

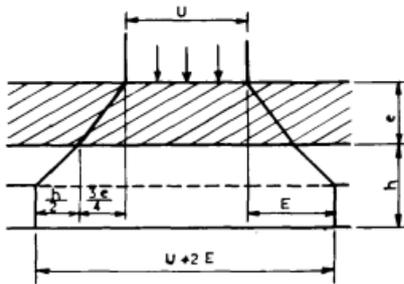
Nous allons chercher à calculer des efforts dus à un impact d'une roue Br (fascicule 61 titre II).

Un document de référence est le Bulletin Technique n°1 du CEREMA. Dans ce bulletin, les efforts ont été calculés pour une série de configurations géométriques.

Les calculs ont été menés par le SETRA avec un coefficient de Poisson de 0.15 pour le béton.

Le guide ne précise pas si les valeurs du guide ont été lissées ou non.

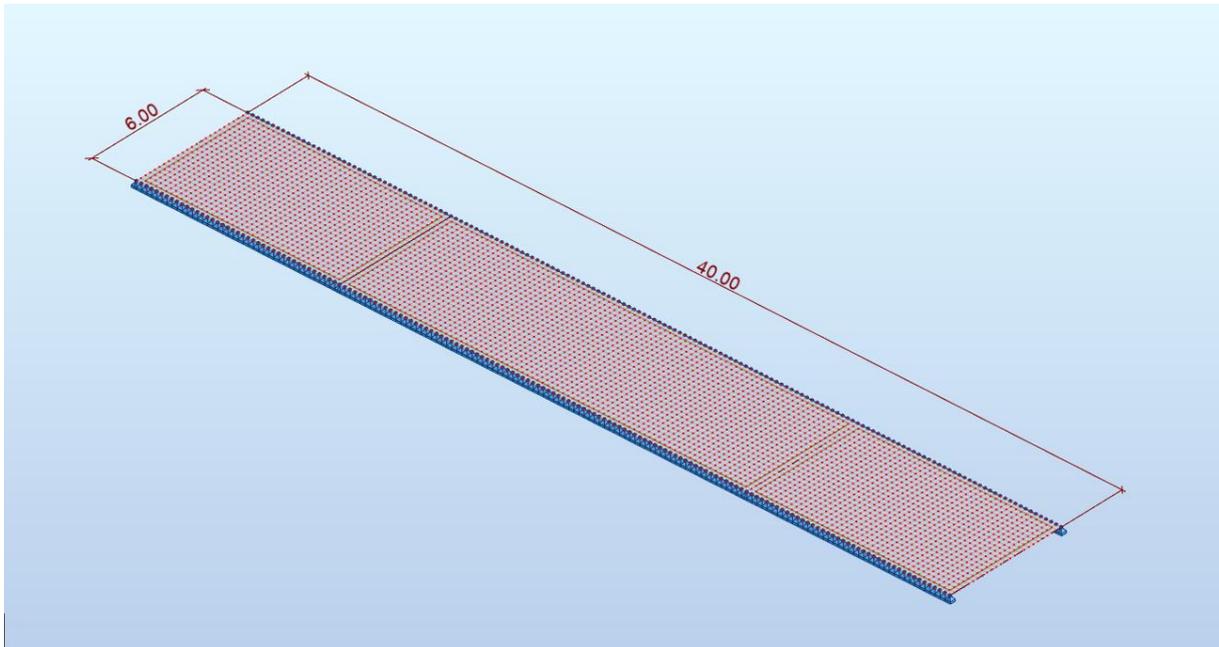
→ Nous calculons l'effet d'une roue Br, avec une diffusion sur $E=10$ cm.



L'impact de 60 cm (transversaux) x 30 cm (sens de circulation) est à modéliser diffusé avec un impact de 80 cm x 50 cm².

La force de l'impact est de 10 tonnes, que nous prenons égale à 100 kN, soit une pression de 250 kPa.

La dalle modélisée a des dimensions de $b=40$ m ($b \approx \infty$) et $a=6$ m :

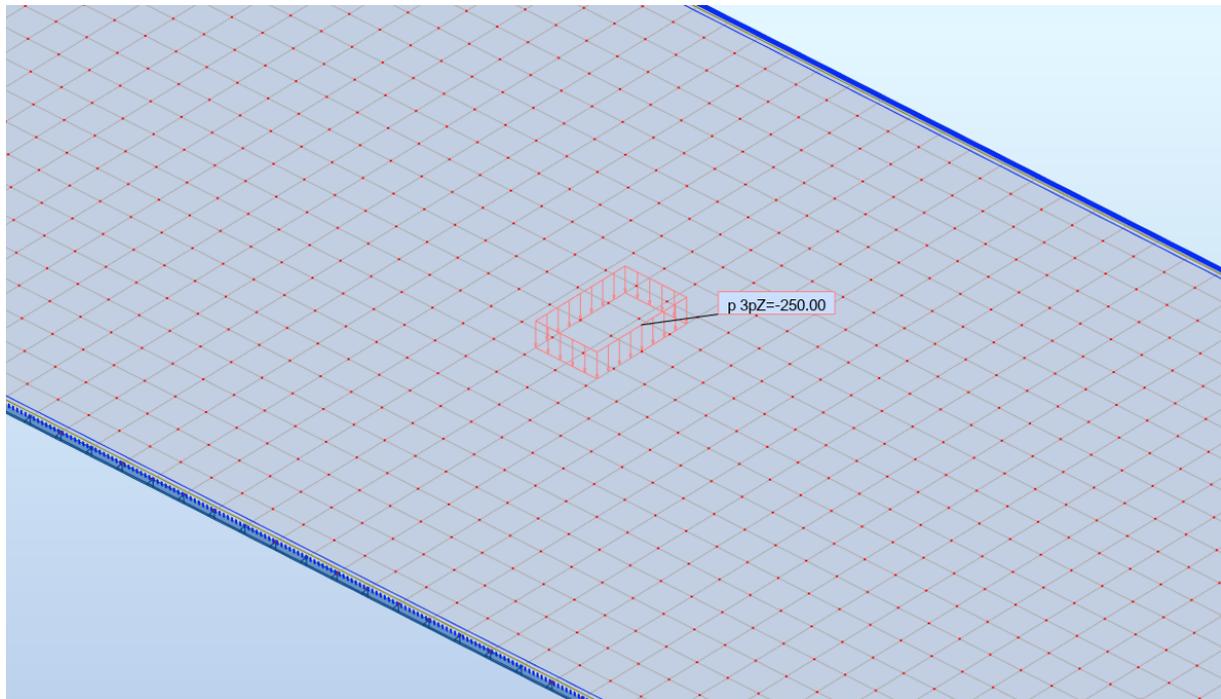


Les mailles ont une taille de 25x25 cm², soit l'épaisseur h du hourdis modélisé au carré.

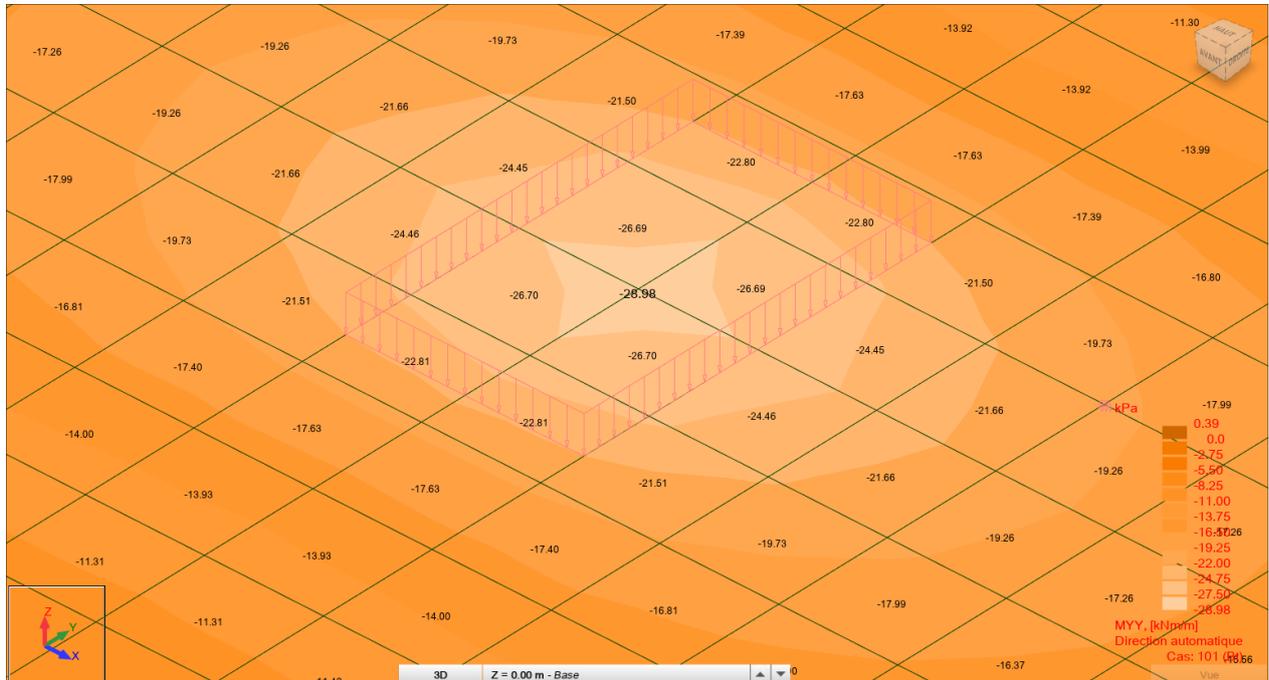
En complément, on effectue également un calcul avec des mailles de 100x100 cm² pour évaluer l'impact de l'augmentation de la maille sur les résultats.

2 Calcul avec des mailles de 25x25 cm²

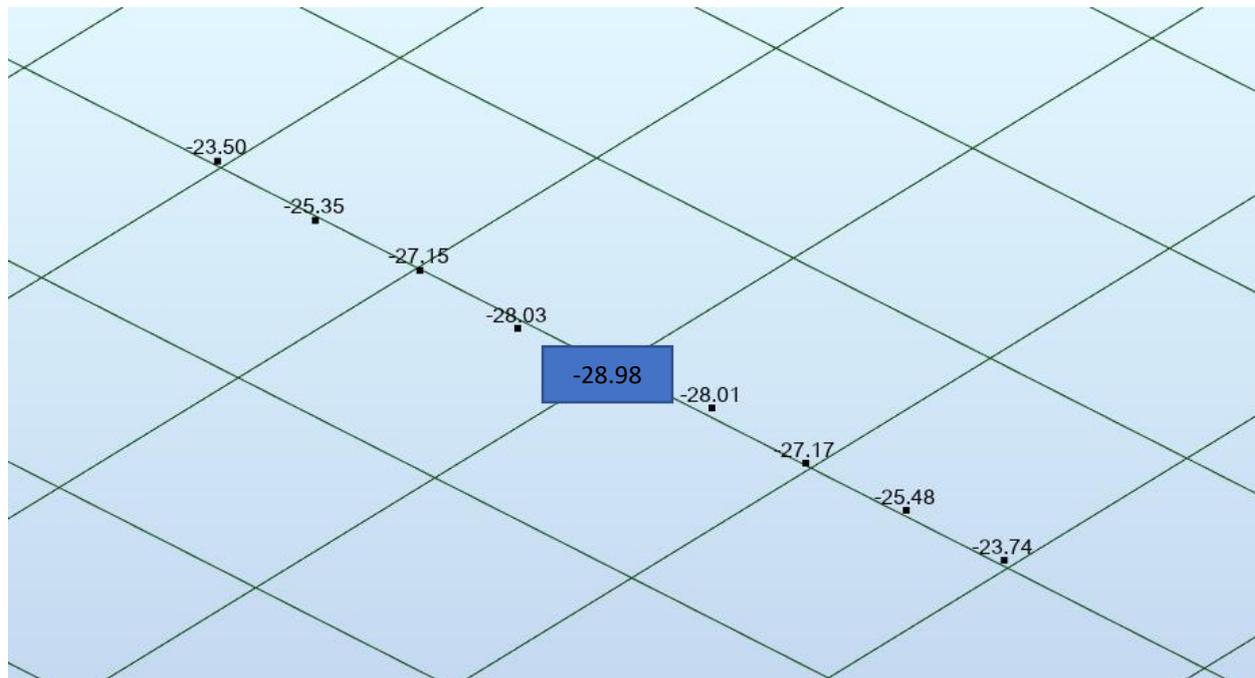
- Surface d'impact de la charge avec la taille des mailles



- Moment Myy (transversal)



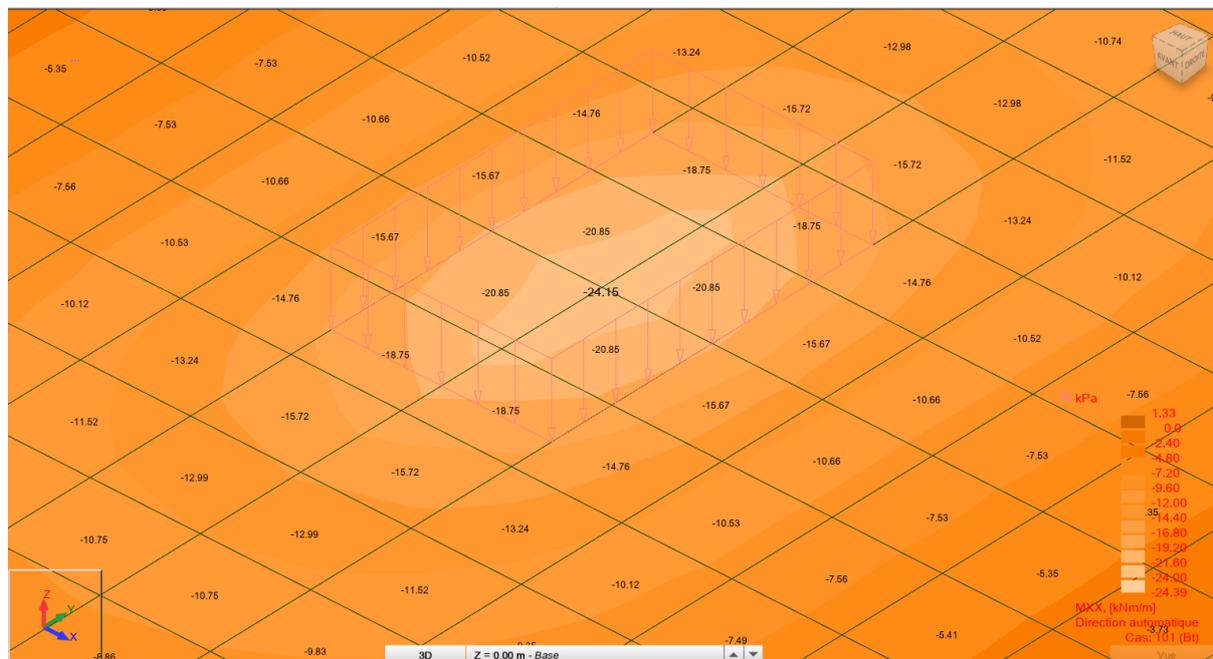
Valeurs relevées tous les ≈ 12.5 cm à l'axe central du hourdis :



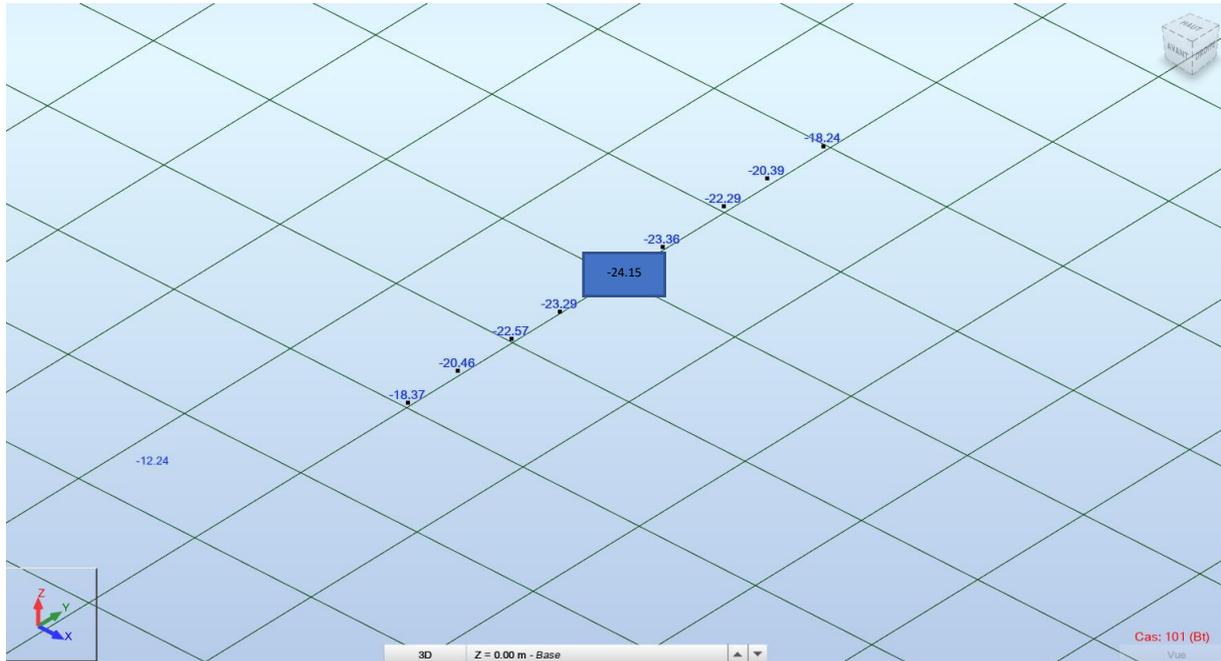
► Valeur moyenne sur 2 mailles : 28.04 kN.m/m

► Valeur moyenne sur 4 mailles : 26.7 kN.m/m

- Moment M_{xx} (longitudinal)



- Valeurs relevées tous les ≈ 12.5 cm à l'axe transversal :



► Valeur moyenne sur 2 mailles : 23.3 kN.m/m

► Valeur moyenne sur 4 mailles : 21.9 kN.m/m

- **Détail du lissage** (à partir de l'intégrale) :

Nous lisons sur 2 mailles = 0.50 m = 2h et sur 4 mailles = 1 m = 4h.

Moment transversal M_{yy} (kN.m/m)				Moment longitudinal M_{xx} (kN.m/m)			
28.98	1.00	28.98		24.15	1.00	24.15	
28.01	2.00	56.02		23.35	2.00	46.70	
27.15	2.00	54.30		22.50	2.00	45.00	
25.40	2.00	50.80		20.50	2.00	41.00	
23.60	1.00	23.60		18.30	1.00	18.30	
	8.00	213.70	26.71		8.00	175.15	21.89
28.98	1.00	28.98		24.15	1.00	24.15	
28.01	2.00	56.02		23.35	2.00	46.70	
27.15	1.00	27.15		22.50	1.00	22.50	
	4.00	112.15	28.04		4.00	93.35	23.34

3 Synthèse - Conclusion

	/MXX/ longi – kN.m/m	/MYY/ transversal – kN.m/m
BT1 SETRA (voir annexe)	23.50	28.70
Calcul EF :		
Pic	24.15	28.98
Lissage manuel		
1 ^{re} maille – logiciel (maille de 25x25) - PM	(20.95)	(26.7)
Lissage manuel 2 mailles (0.50 m)	23.3	28.0
Lissage manuel 4 mailles (1m)	21.9	26.7
Charge répartie – lissage logiciel – maille 25 x 25	Nota : ces valeurs sont quasiment égales à celles du lissage manuel	
Lissage sur 0.50 m	23.42	28.06
Lissage sur 1 m	21.95	26.72
Ecart entre les deux lissages %:	6.7%	5%
Charge répartie – lissage logiciel – maille 100x100		
Lissage sur 0.50 m	21.90	27.94
Lissage sur 1 m	20.53	26.57
Force ponctuelle 100 kN – lissage logiciel – maille 25x25		
Pic	46.22	52.97
Lissage sur 0.50 m	37.12	41.80
Lissage sur 1 m	28.09	34.85
Pücher, pour mémoire.	23.5	27.3

Conclusion : à partir du moment où la force est répartie sur une surface d'impact définie au feuillet moyen de la dalle et que la taille du maillage est dans un rapport raisonnable à la fois avec l'épaisseur de la dalle et les dimensions du rectangle d'impact de la charge, prendre la valeur de pic pour ferrailer, où la valeur lissée sur 2h à 4h ne conduit pas à des écart trop importants.

Le choix entre un lissage sur 2h ou 4h doit se faire à partir d'une réflexion sur la capacité de redistribution transversale et/ou l'incidence d'une augmentation des contraintes de quelques % ; les conséquences n'étant pas forcément les mêmes entre un calcul aux ELS caractéristiques et un calcul d'ouverture de fissure ou de fatigue.

L'approche d'une modélisation d'une charge par une force ponctuelle unique est beaucoup trop défavorable – *a minima* les charges de roue sont à diviser en plusieurs forces ponctuelles.

En tout état de cause, il appartient à l'ingénieur de se faire une idée quant aux incidences de la taille des mailles ou la façon de modéliser les charges, via des essais sur des parties simplifiées de modèles et d'en évaluer la sensibilité.

Précisons que les valeurs affichées ci-dessus résultent d'un calcul avec un logiciel donné, d'autres logiciels pourraient avoir des algorithmes différents.

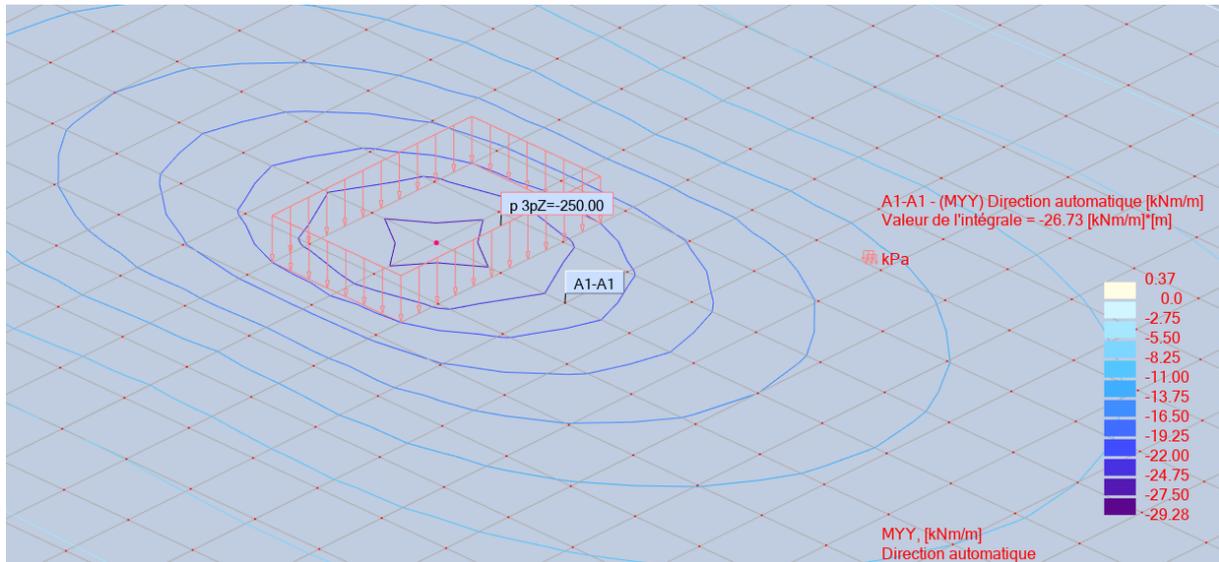
4 ANNEXE 1 - Calculs EF complémentaires

Divers tests sont effectués pour juger de la sensibilité à la taille du maillage.

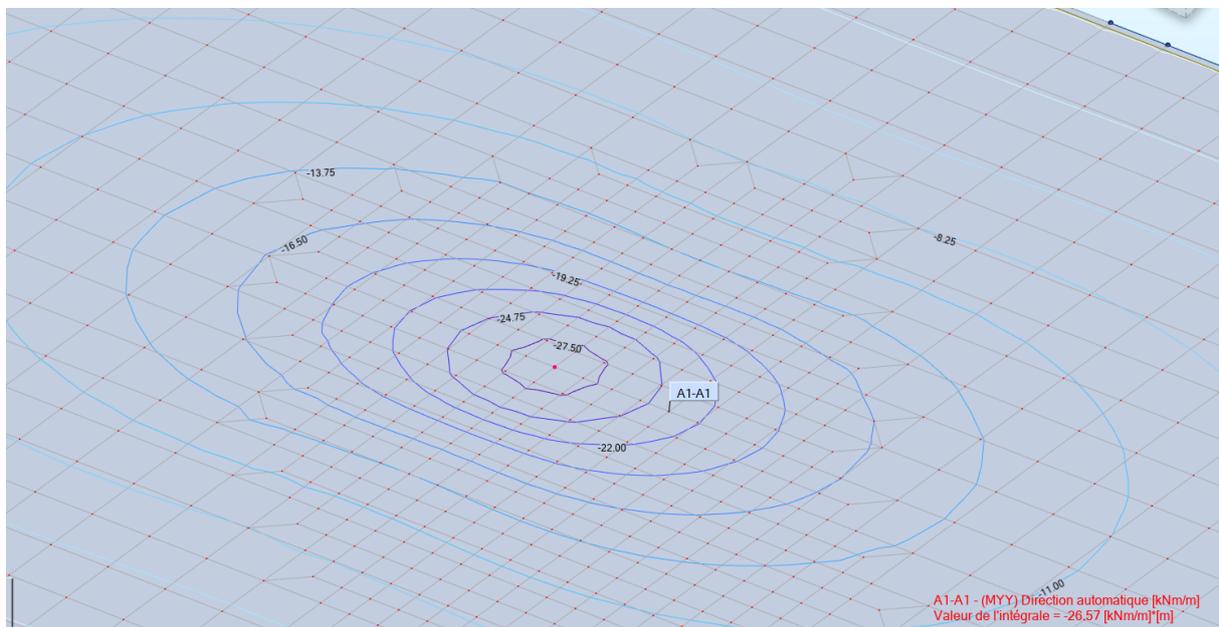
On effectue également un calcul avec une force ponctuelle

4.1 Utilisation d'un lissage automatisé – charge répartie – maille 25x25 cm²

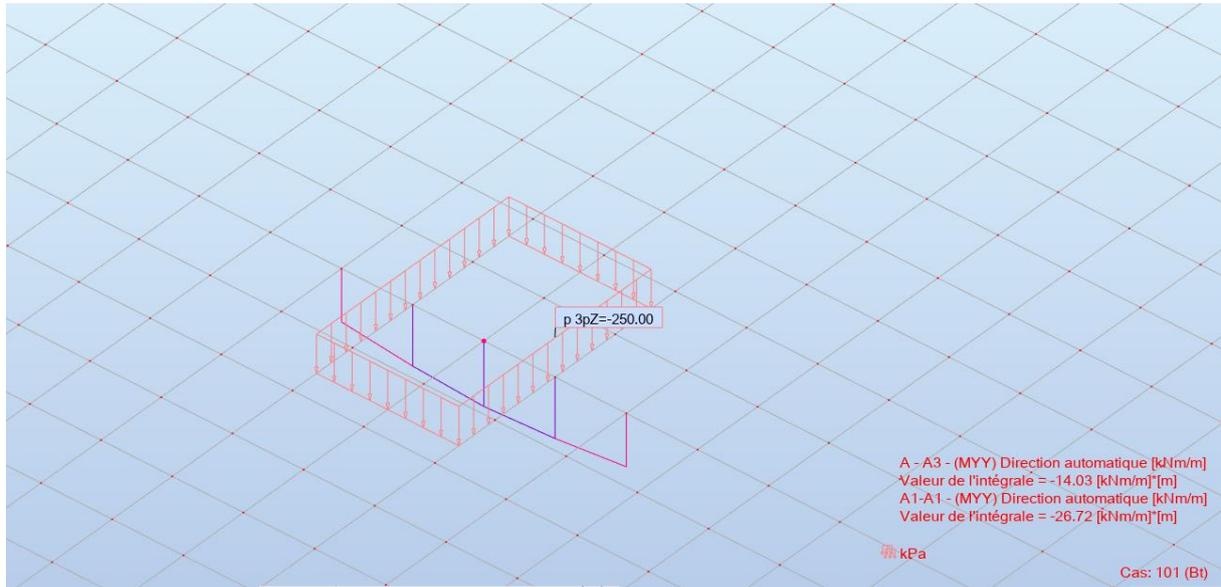
- Pour 1 m, $M_y=26.73 \text{ kN.m/m}$



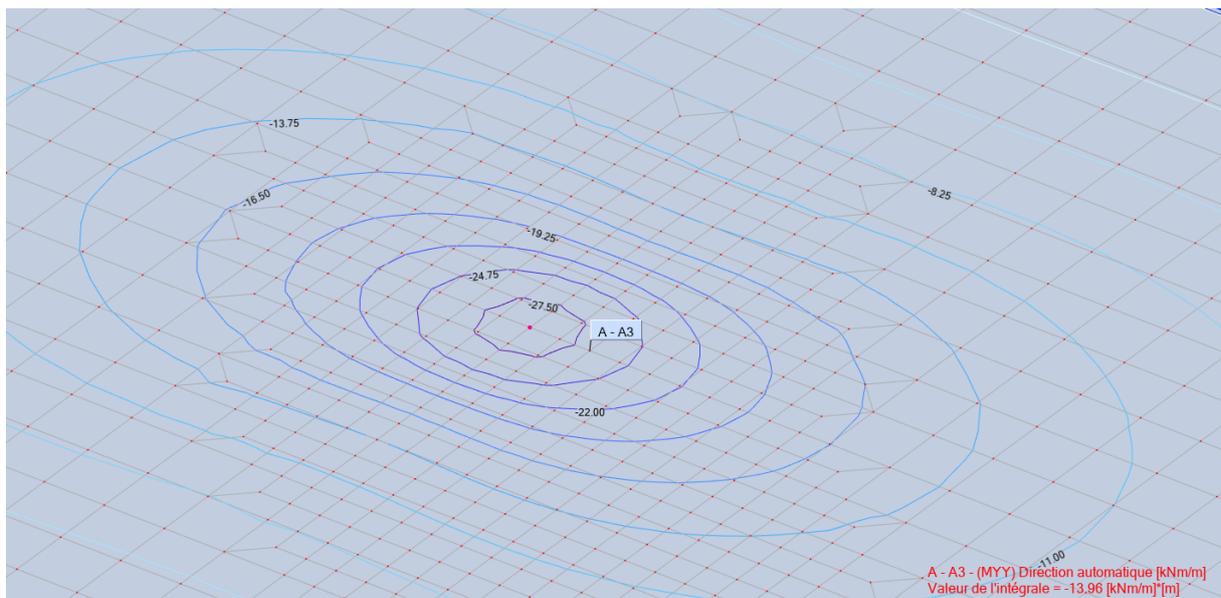
- Avec un raffinement du maillage : $M_y=26.57 \text{ kN.m/m} \approx 26.73 \text{ kN.m/m}$



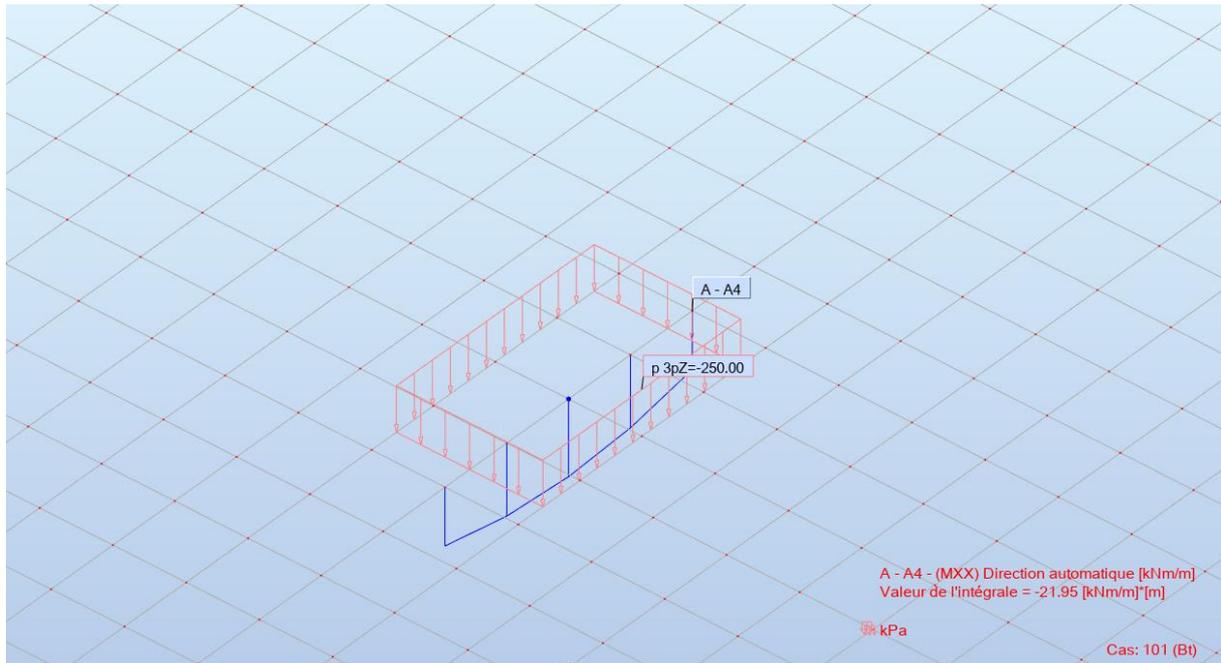
- Sur 0.50 m: $M_y = 14.03 / 0.50 = 28.06 \text{ kN.m/m}$



- Avec un raffinement du maillage : $M_y = 13.96 / 0.50 \text{ m} = 27.92 \approx 28.06 \text{ kN.m/m}$



- M_x , lissé sur 1.00 m = 21.95 kN.m/m



- M_x , lissé sur 0.50 m = 11.71/0.50 = 23.42 kN.m/m

