

ETUDE D'UNE DALLE SOUMISE A UNE CHARGE EXCENTREE

SOMMAIRE

1	PRESENTATION	2
2	CAS DE CHARGES ET ENVELOPPES.....	3
2.1	Cas élémentaires.....	3
2.2	Combinaisons et enveloppes	6
3	RESULTATS.....	6
3.1	Cartographies de sollicitations	6
3.2	Listing de sollicitations	10
3.3	Armatures ELU Fondamental.....	11
3.3.1	Choix de l'enrobage	11
3.3.2	Armatures minimales	11
3.3.3	Cartographies d'armatures à l'ELU Fondamental.....	12
3.3.4	Cartographies d'armatures à l'ELS caractéristique - Limitation des contraintes	16
3.3.5	Cartographies d'armatures à l'ELS caractéristique - Limitation des largeurs de fissures.....	17
3.4	Ferraillage pratique	20
3.4.1	Décalage de courbe des moments.....	20
3.4.2	Cartographies de ferraillage pratique	21
3.5	Vérification à l'effort tranchant.....	23
4	COMMENTAIRES - PETITS PIEGES A EVITER.....	24
4.1	Jonction de plusieurs panneaux.....	24
4.2	Orientation des repères locaux	24

1 PRESENTATION

Cette note concerne l'étude d'une dalle supportant des charges excentrées.

La dalle a une dimension de 12m x 12m, et une épaisseur de 1 m.

Elle repose sur 4 poteaux (carrés mauves ci-dessous), espacés de 8m en X, et 4m en Y.
(Le maillage a une dimension de 0.50m dans chaque sens).

Elle supporte 2 poteaux (carrés rouges) exerçant chacun les charges suivantes :

$$G = 500 \text{ kN}$$

$$Q = 500 \text{ kN}$$

Elle supporte par ailleurs les charges réparties suivantes :

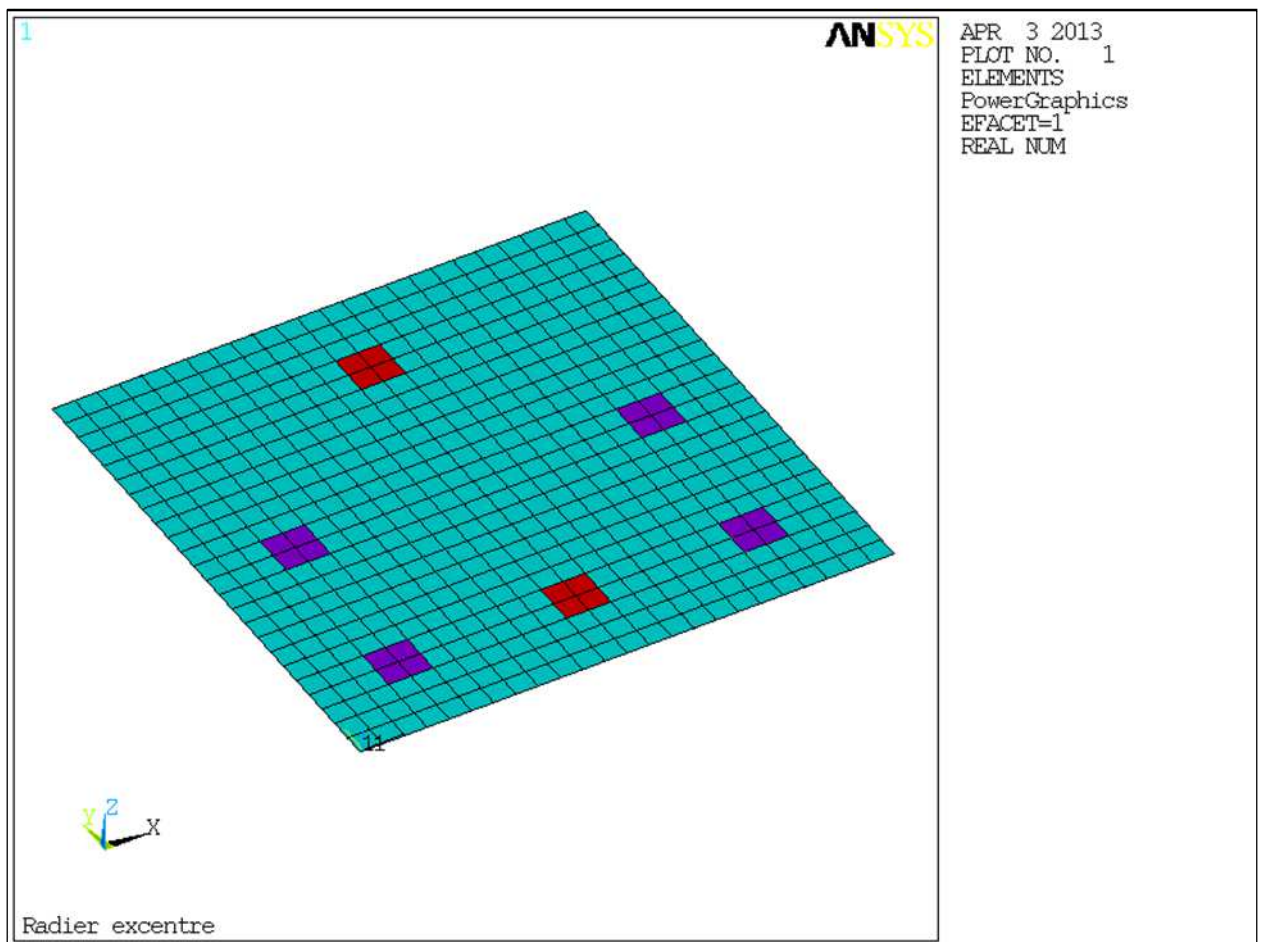
- poids propre : $g = 1.0\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 25 \text{ kN/m}^2$

- charge d'exploitation : $q = 10 \text{ kN/m}^2$

Matériaux :

- béton $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ - Classe d'exposition : XC3

- armatures $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$



L'objectif consiste à ferrailer cette dalle.

L'étude est menée à partir d'une modélisation éléments finis sous ANSYS.

Les armatures sont calculées à l'aide du programme ARMATEC développé par Setec TPI.

2 CAS DE CHARGES ET ENVELOPPES

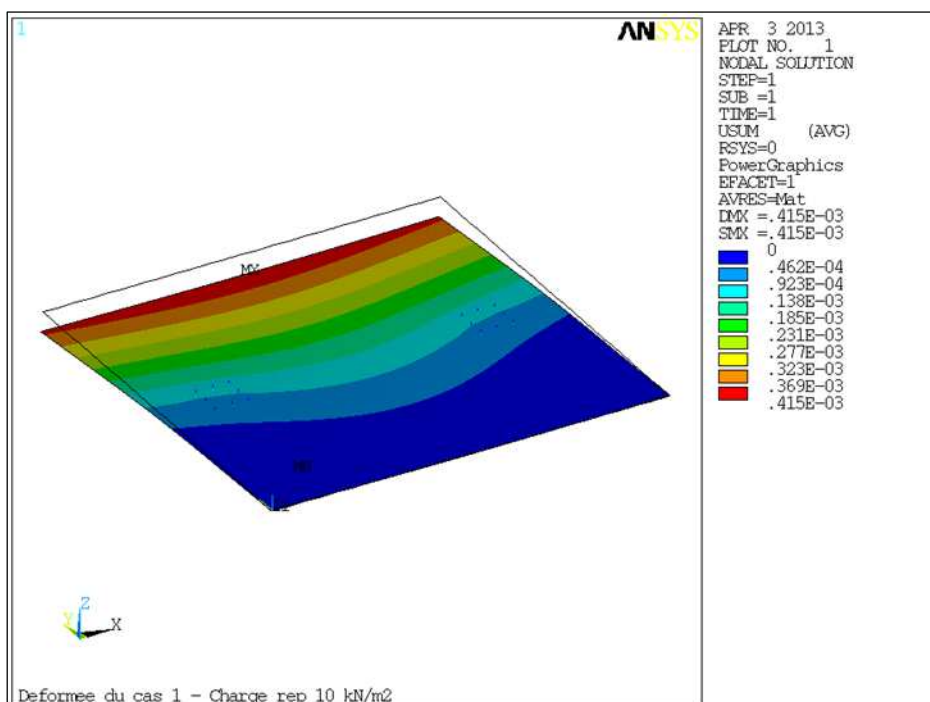
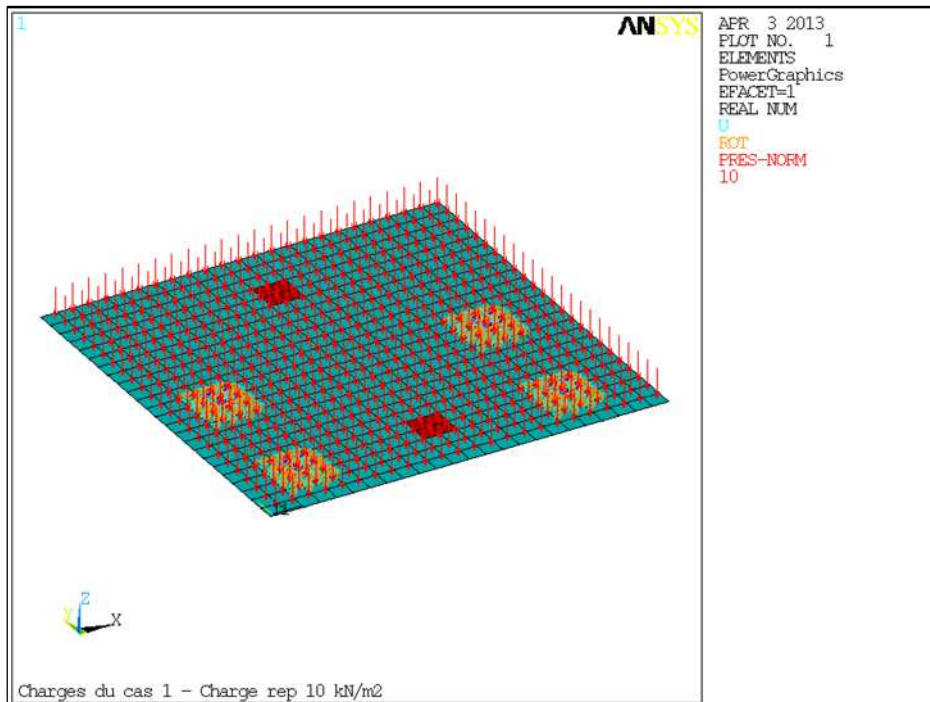
2.1 Cas élémentaires

3 cas de charges élémentaires ont été calculés :

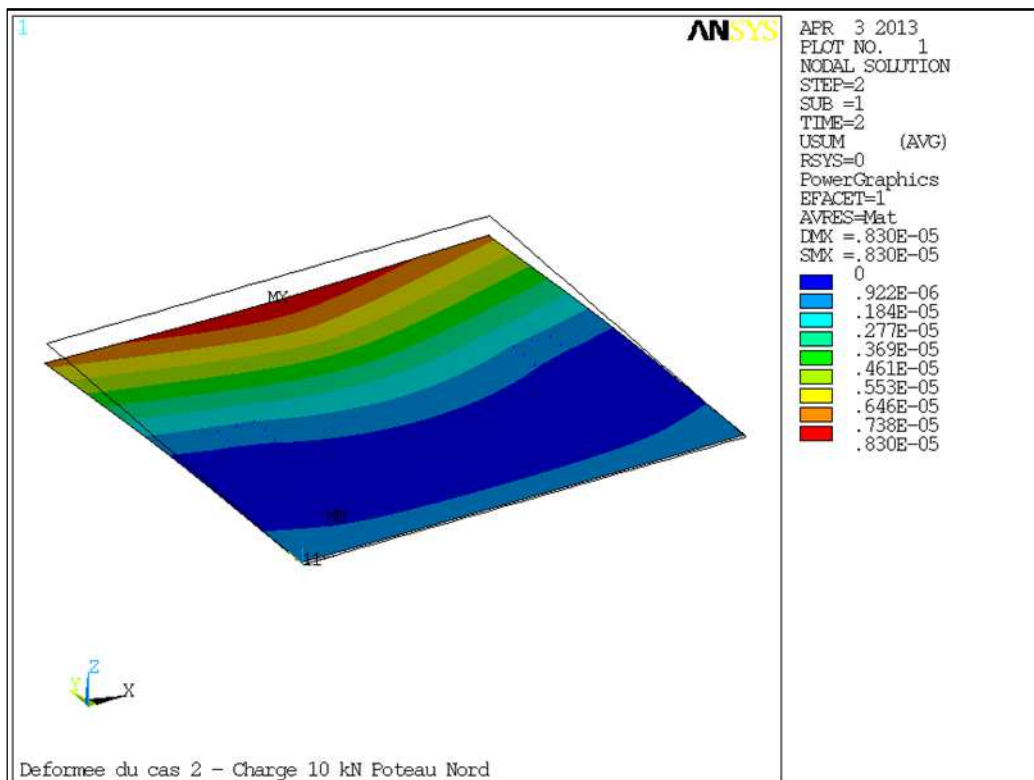
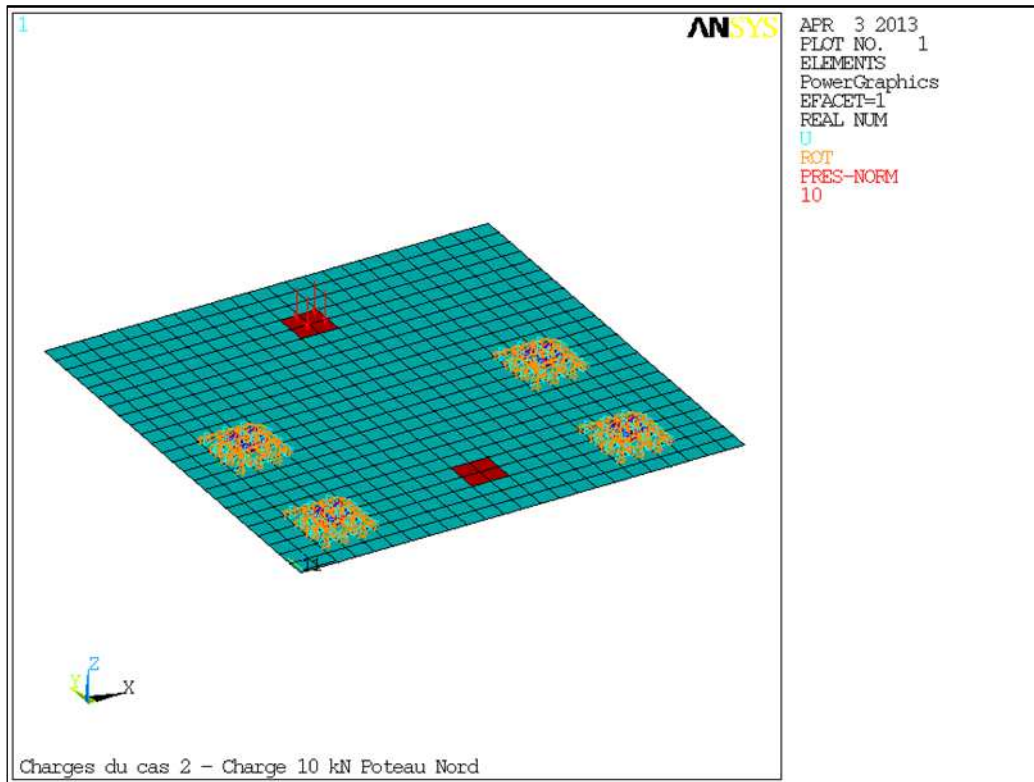
- cas n°1 : charge répartie uniforme de 10 kN/m² sur l'ensemble du radier
- cas n°2 : charge de 10 kN au droit du poteau Nord
- cas n°3 : charge de 10 kN au droit du poteau Sud

Nous présentons ci-après une vue des charges appliquées, ainsi que la déformée correspondante.

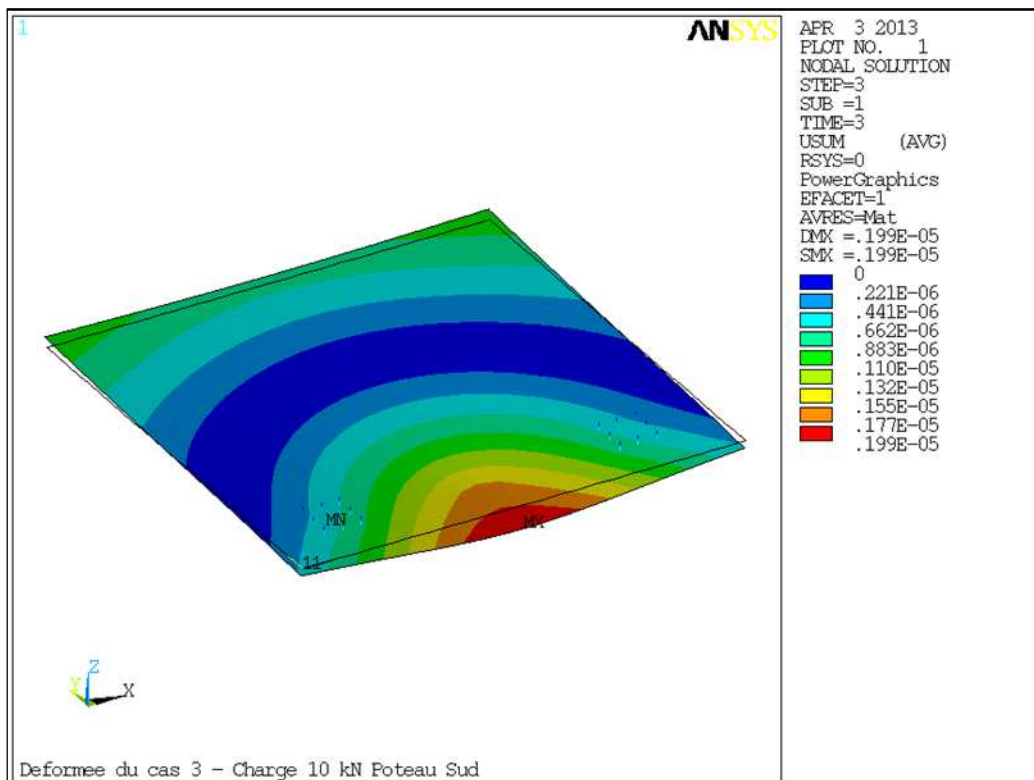
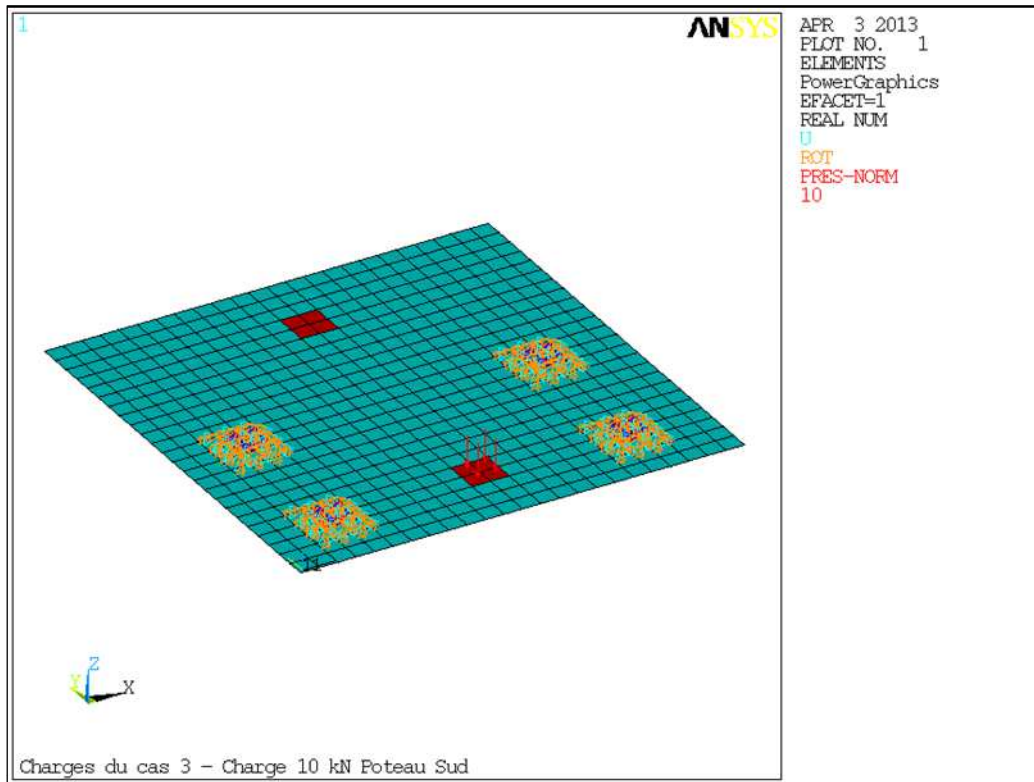
> Cas n°1



> Cas n°2



> Cas n°3



2.2 Combinaisons et enveloppes

> Combinaisons élémentaires

* Enveloppe de G = Cas 11

Cas	Coef	Charge
1	2.5	25 kN/m ²
2 et 3	50	500 kN

* Enveloppe de Q = cas 12

Cas	Coef	Charge
1	0 ou 1	10 kN/m ²
2 et 3	0 ou 50	500 kN

> Combinaisons finales

* ELS caractéristique = cas 21

Cas	Coef
11 - G	1
12 - Q	1

* ELU fondamental = cas 22

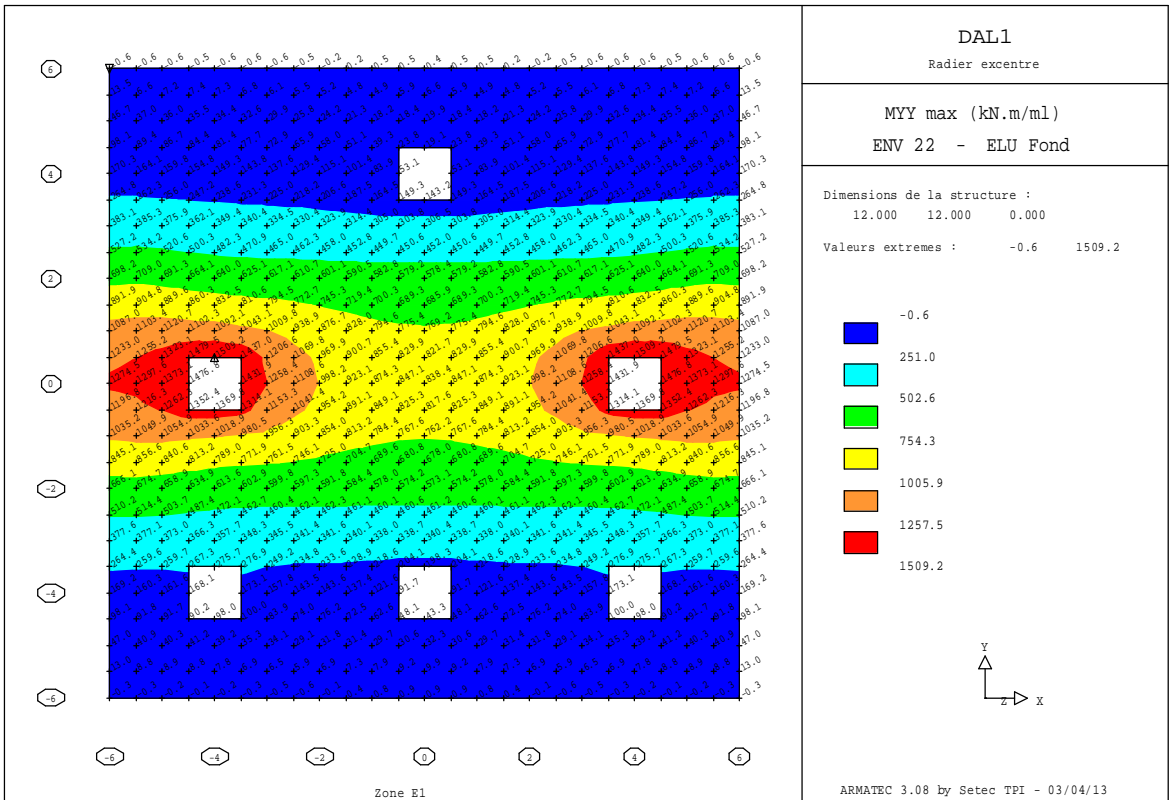
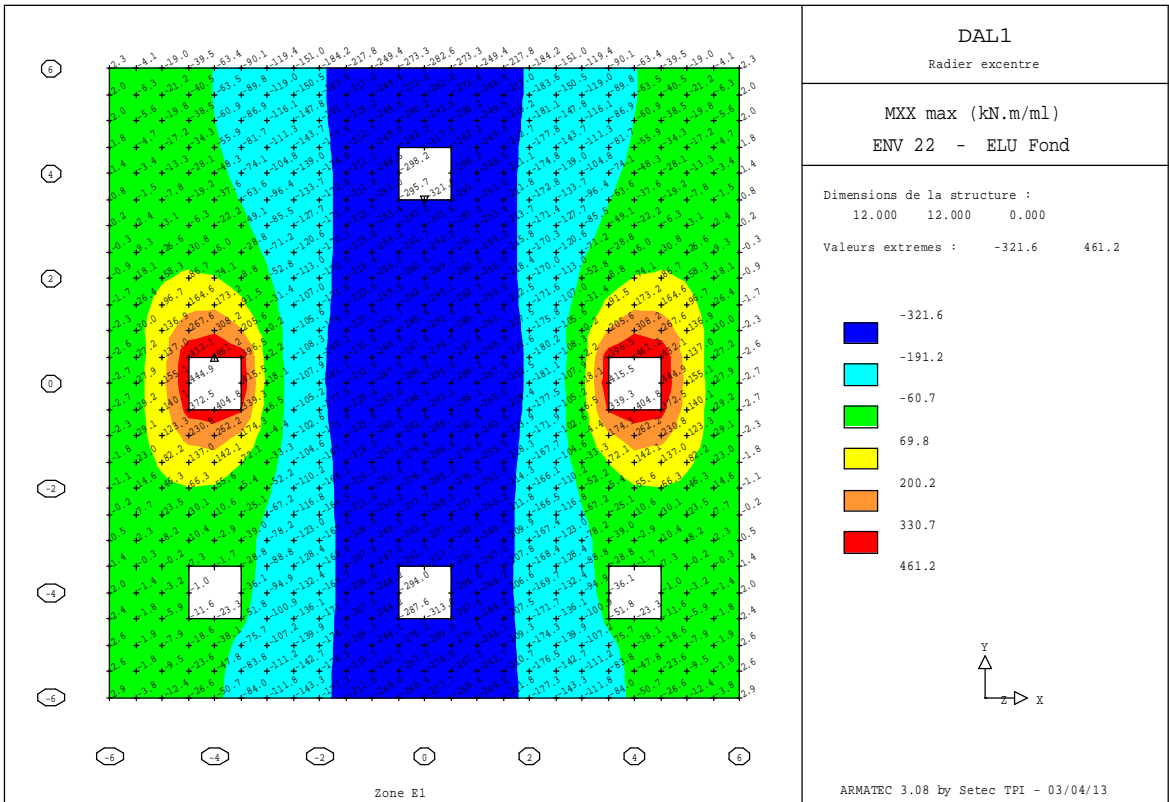
Cas	Coef
11 - G	1 ou 1.35
12 - Q	0 ou 1.5

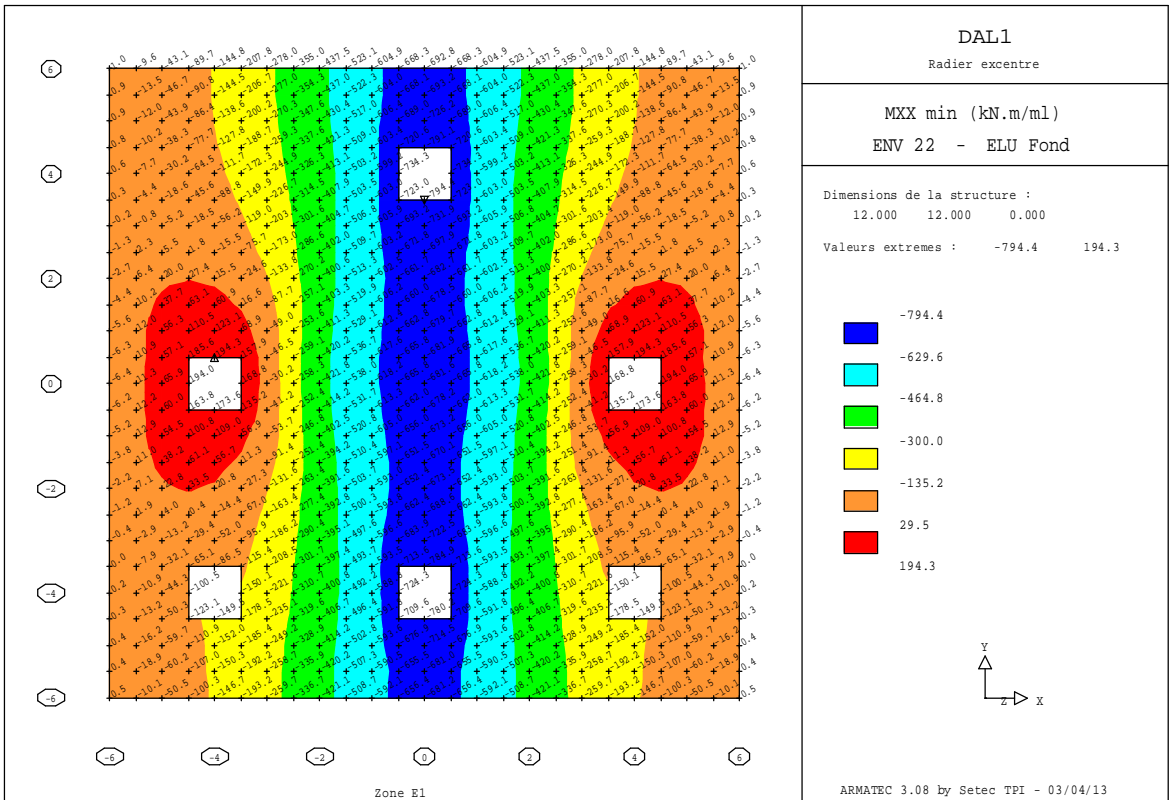
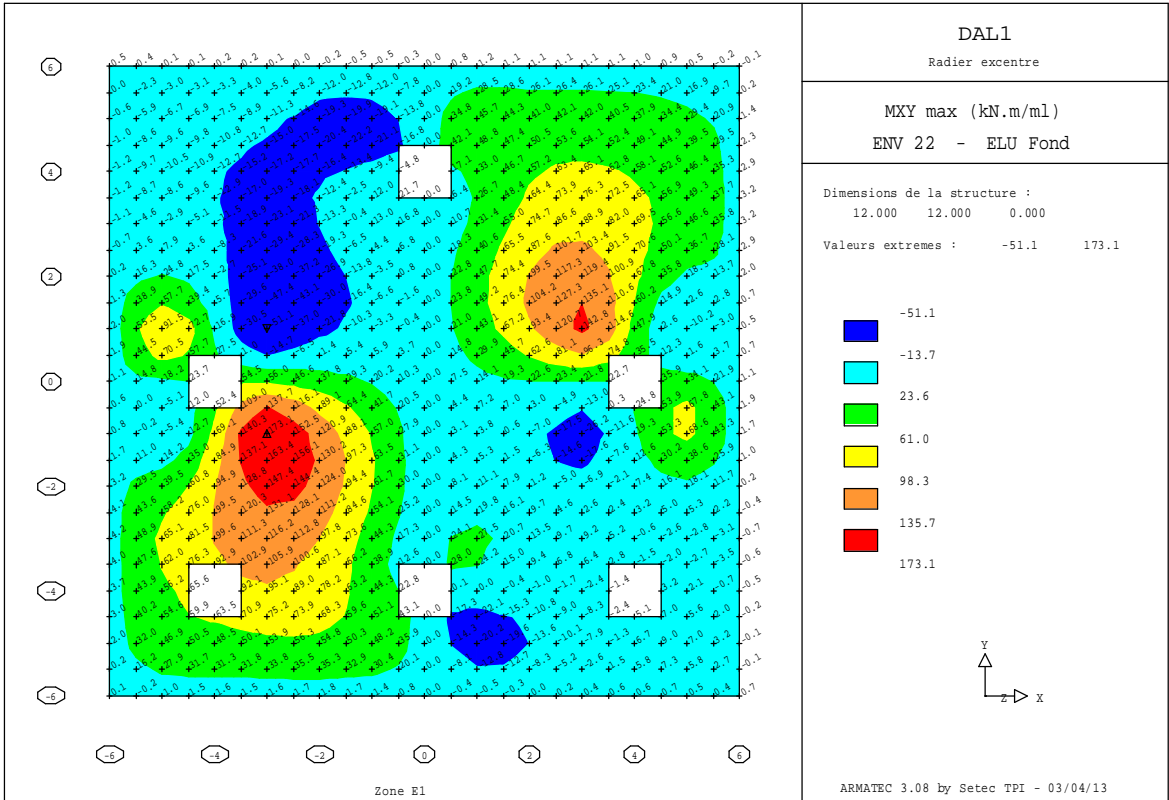
3 RESULTATS

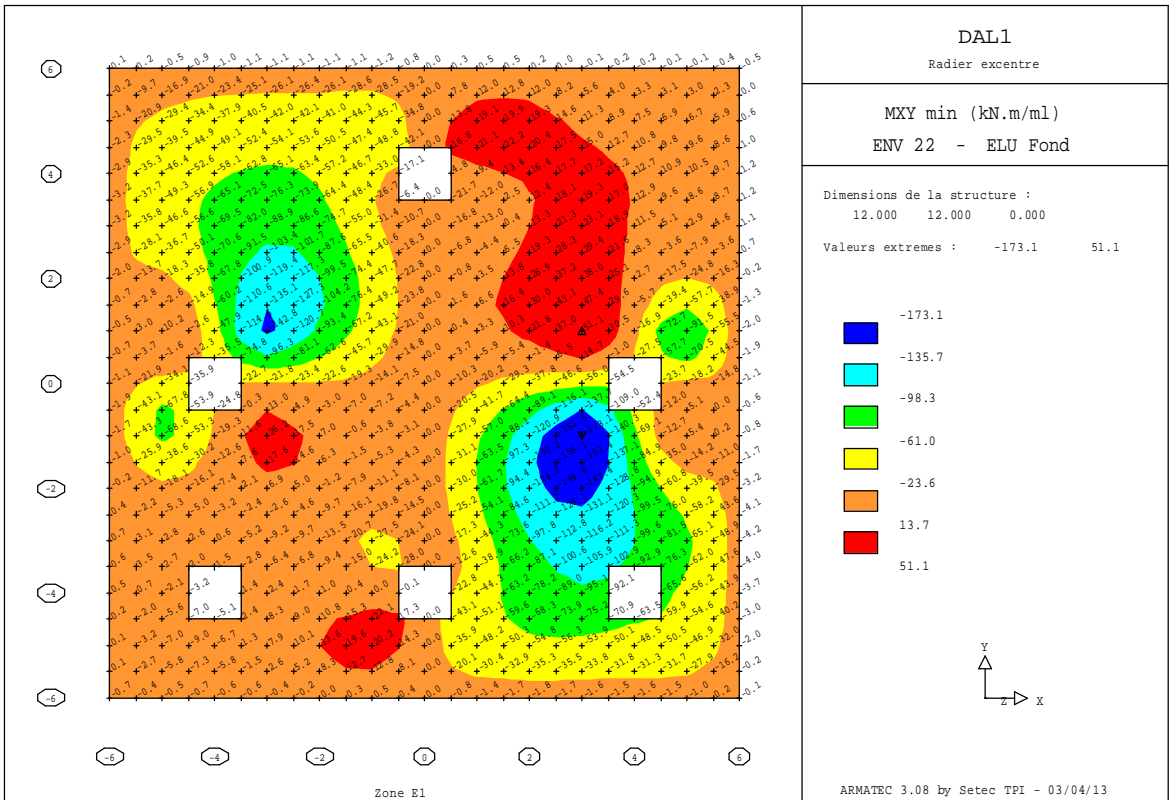
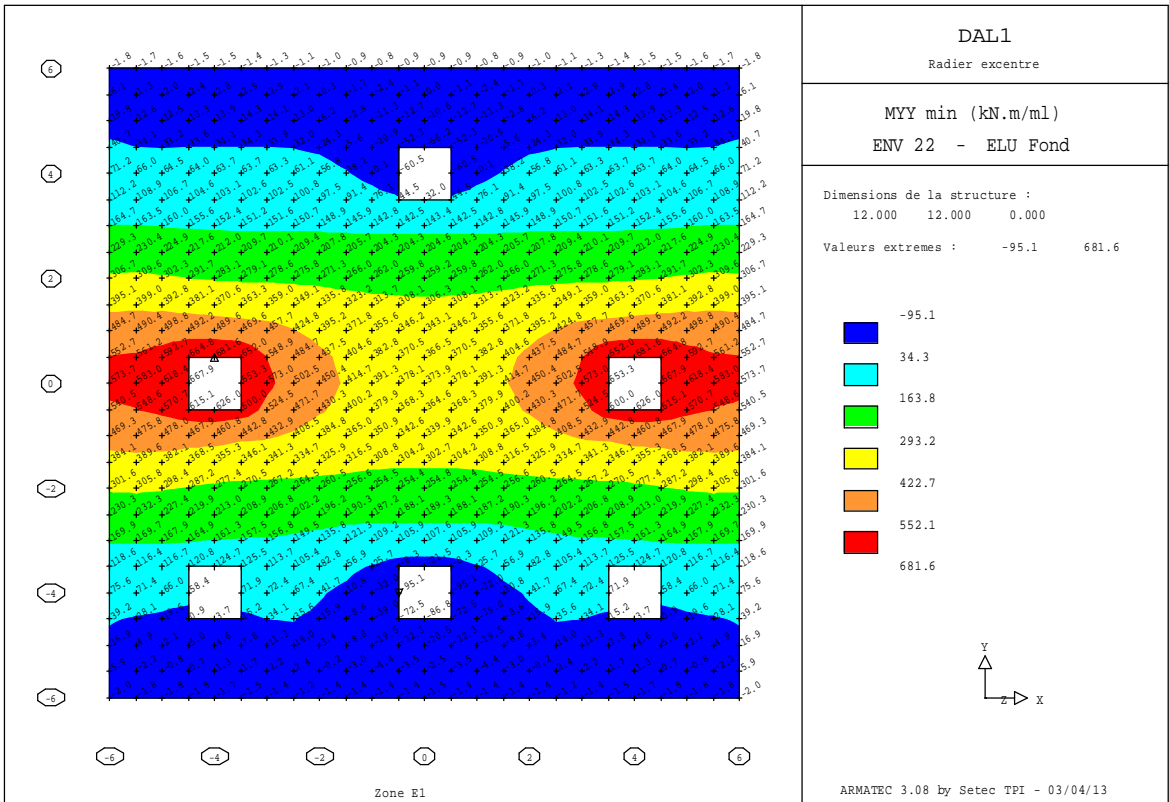
3.1 Cartographies de sollicitations

Nous donnons ci-après les sollicitations enveloppes à l'ELU fondamental :

- Mxx, Myy, Mxy maxi
- Mxx, Myy, Mxy mini



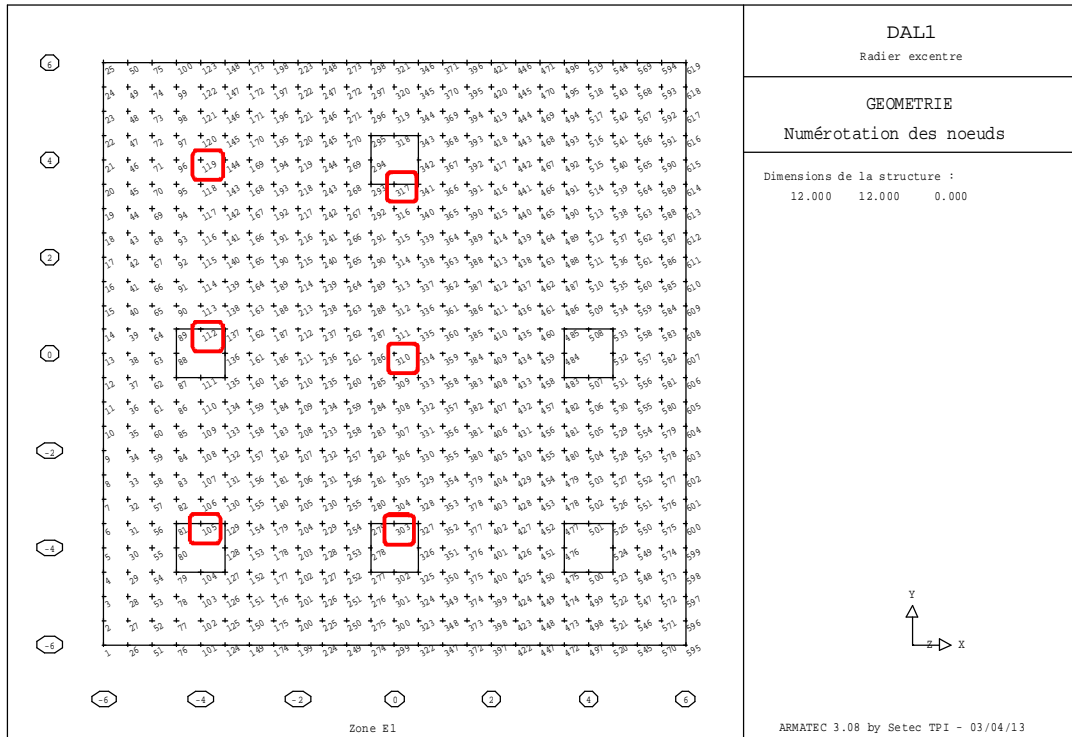




3.2 Listing de sollicitations

Nous donnons ci-après les sollicitations en 8 points de la dalle :

- nœuds 105 - 112 et 119 sur file X=-4.0
- nœuds 303 - 310 et 317 sur file X=0



RECAPITULATION *****

ENVELOPPE 22 COEF 1.000 ELU Fond

EFFORTS AUX NOEUDS

NO	CAS	LIGNE	FXX	FYY	FXZ	MYX	MYZ	VXZ	VYZ	
E1:105	22	1	0.00	0.00	0.00	-25.58	124.73	31.61	-21.92	67.37
		2	0.00	0.00	0.00	-86.48	236.54	92.94	-35.82	216.88
		3	0.00	0.00	0.00	-70.69	139.71	63.72	-21.49	164.81
		4	0.00	0.00	0.00	-1.72	163.93	1.52	-38.58	-0.24
		5	0.00	0.00	0.00	-17.52	260.76	30.74	-52.91	51.83
		6	0.00	0.00	0.00	-62.63	275.74	62.85	-52.48	149.27
		min	0.00	0.00	0.00	-86.48	124.73	1.52	-52.91	-0.24
		max	0.00	0.00	0.00	-1.72	275.74	92.94	-21.49	216.88
E1:112	22	1	0.00	0.00	0.00	211.52	688.14	-3.42	-35.96	-484.66
		2	0.00	0.00	0.00	194.32	681.56	-30.93	-39.69	-484.98
		3	0.00	0.00	0.00	461.16	1509.17	22.89	-76.01	-1041.54
		4	0.00	0.00	0.00	443.96	1502.59	-4.61	-79.74	-1041.86
		5	0.00	0.00	0.00	374.27	1228.16	-35.54	-67.43	-880.88
		6	0.00	0.00	0.00	281.21	962.57	27.51	-48.27	-645.64
		min	0.00	0.00	0.00	194.32	681.56	-35.54	-79.74	-1041.86
		max	0.00	0.00	0.00	461.16	1509.17	27.51	-35.96	-484.66
E1:119	22	1	0.00	0.00	0.00	-48.33	65.81	-24.31	-39.88	-75.45
		2	0.00	0.00	0.00	-111.74	147.22	-46.51	-95.95	-165.88
		3	0.00	0.00	0.00	-96.07	113.62	-58.15	-70.51	-133.62
		4	0.00	0.00	0.00	-61.81	63.69	-34.47	-44.74	-74.45
		5	0.00	0.00	0.00	-64.00	99.41	-12.67	-65.33	-107.71
		6	0.00	0.00	0.00	-98.26	149.34	-36.35	-91.10	-166.89
		min	0.00	0.00	0.00	-111.74	63.69	-58.15	-95.95	-166.89
		max	0.00	0.00	0.00	-48.33	149.34	-12.67	-39.88	-74.45
E1:303	22	1	0.00	0.00	0.00	-317.67	65.52	0.00	0.00	197.83
		2	0.00	0.00	0.00	-704.58	61.00	0.00	0.00	508.01

		3	0.00	0.00	0.00	-784.90	111.29	0.00	0.00	530.33
		4	0.00	0.00	0.00	-562.44	-21.51	0.00	0.00	417.81
		5	0.00	0.00	0.00	-540.13	198.31	0.00	0.00	310.36
		min	0.00	0.00	0.00	-784.90	-21.51	0.00	0.00	197.83
		max	0.00	0.00	0.00	-317.67	198.31	0.00	0.00	530.33
E1:310	22	1	0.00	0.00	0.00	-295.01	373.89	0.00	0.00	0.31
		2	0.00	0.00	0.00	-603.21	827.21	0.00	0.00	-16.47
		3	0.00	0.00	0.00	-373.44	385.06	0.00	0.00	17.34
		4	0.00	0.00	0.00	-681.64	838.38	0.00	0.00	0.56
		5	0.00	0.00	0.00	-393.86	544.87	0.00	0.00	-16.80
		6	0.00	0.00	0.00	-582.79	667.40	0.00	0.00	17.67
		min	0.00	0.00	0.00	-681.64	373.89	0.00	0.00	-16.80
		max	0.00	0.00	0.00	-295.01	838.38	0.00	0.00	17.67
E1:317	22	1	0.00	0.00	0.00	-321.62	65.05	0.00	0.00	-199.47
		2	0.00	0.00	0.00	-553.78	143.22	0.00	0.00	-289.41
		3	0.00	0.00	0.00	-562.20	32.03	0.00	0.00	-444.12
		4	0.00	0.00	0.00	-794.36	110.20	0.00	0.00	-534.06
		5	0.00	0.00	0.00	-756.27	104.93	0.00	0.00	-536.88
		6	0.00	0.00	0.00	-359.71	70.32	0.00	0.00	-196.65
		min	0.00	0.00	0.00	-794.36	32.03	0.00	0.00	-536.88
		max	0.00	0.00	0.00	-321.62	143.22	0.00	0.00	-196.65
VALEURS MIN ET MAX										

			0.00	0.00	0.00	-794.36	-21.51	-58.15	-95.95	-1041.86
			0.00	0.00	0.00	461.16	1509.17	92.94	0.00	530.33

3.3 Armatures ELU Fundamental

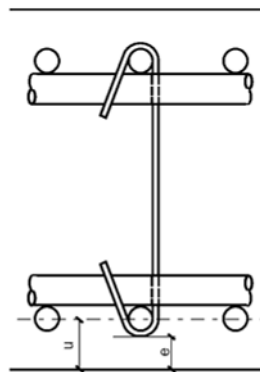
3.3.1 Choix de l'enrobage

Classe structurale S4 et classe d'exposition CX3 => $c_{min,dur}=25mm$.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = \max(\phi; 25mm) + 10mm$$

$$\phi_{max} = 32mm \Rightarrow c_{nom} = 42mm$$

Compte tenu d'épingles ou cadres HA8, il faut prévoir $\sim 42-10 = 32mm$ à l'extérieur des têtes d'épingles => on adopte un enrobage de 35mm



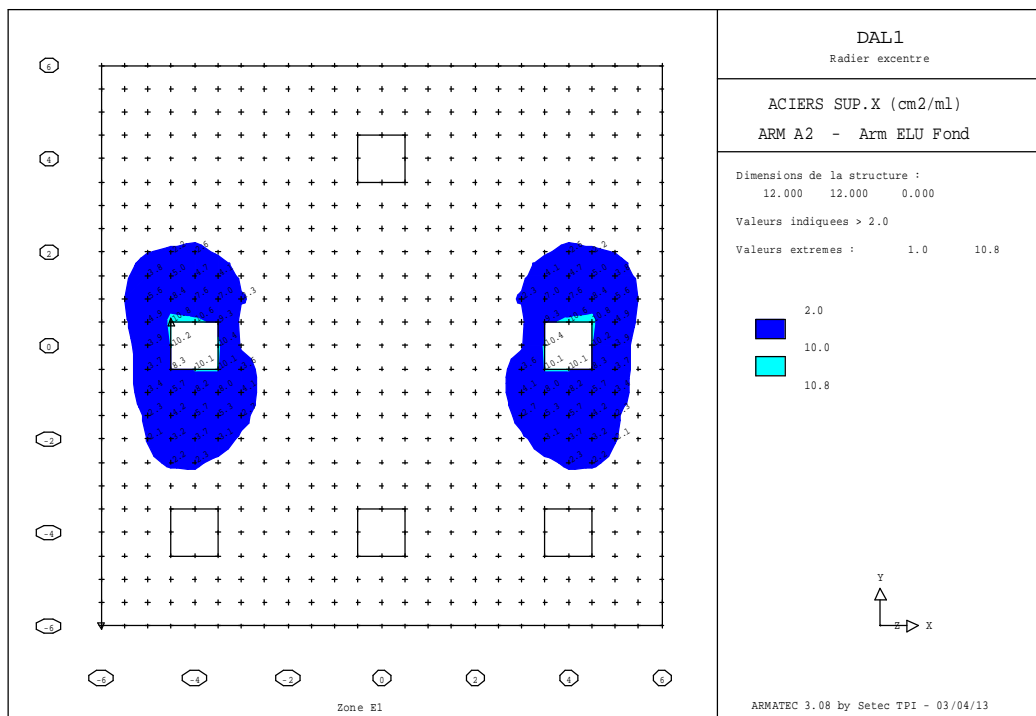
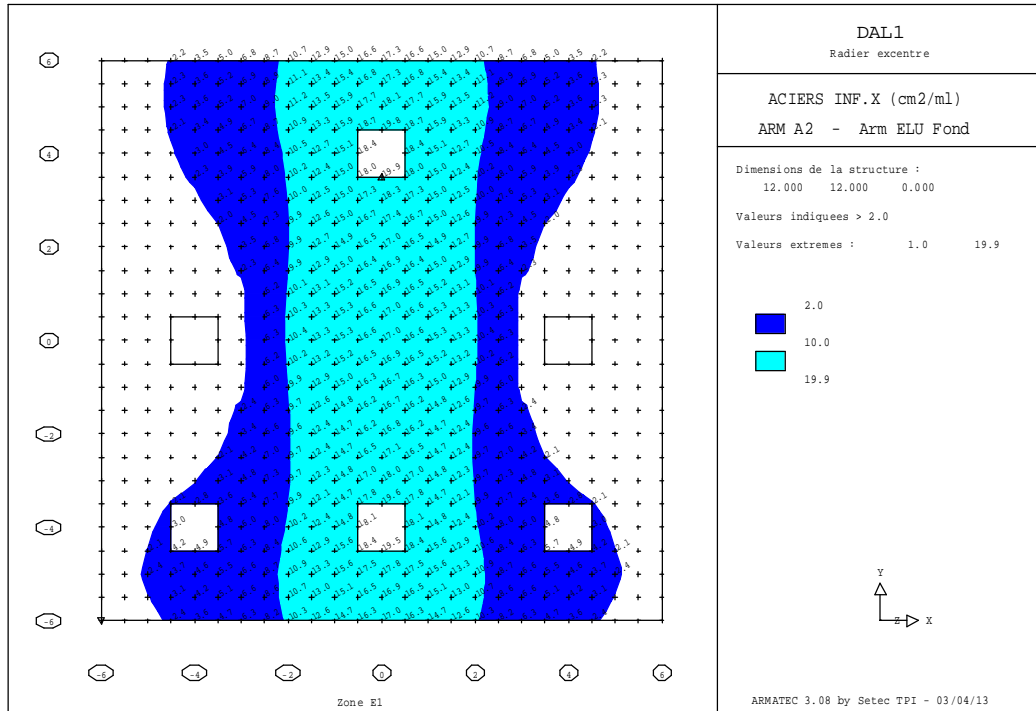
3.3.2 Armatures minimales

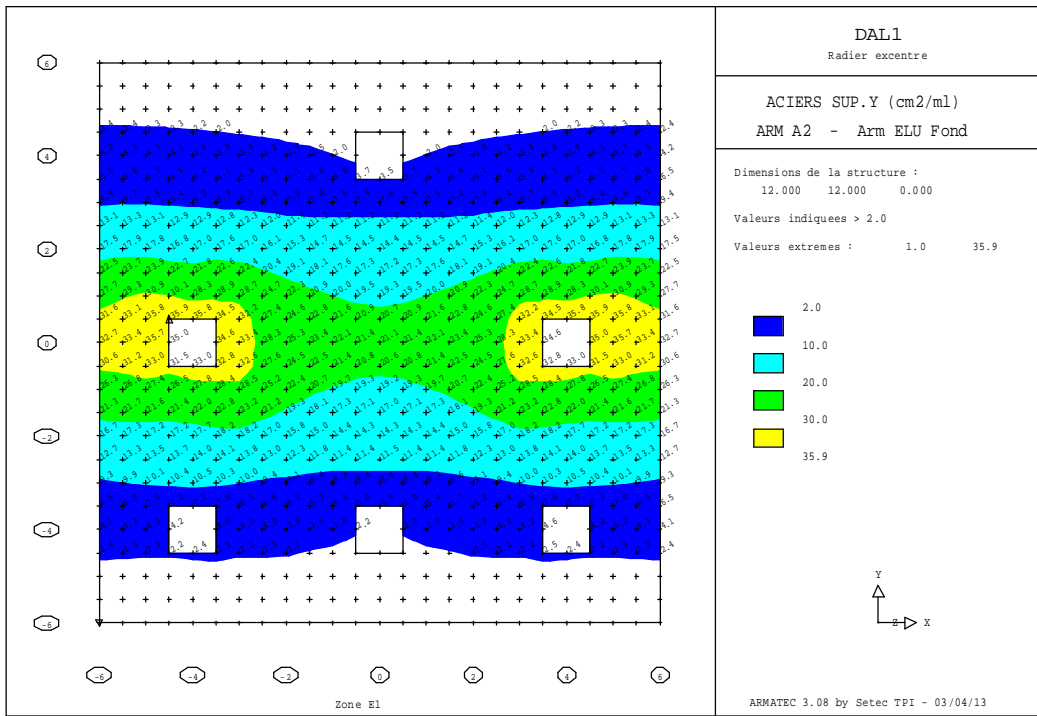
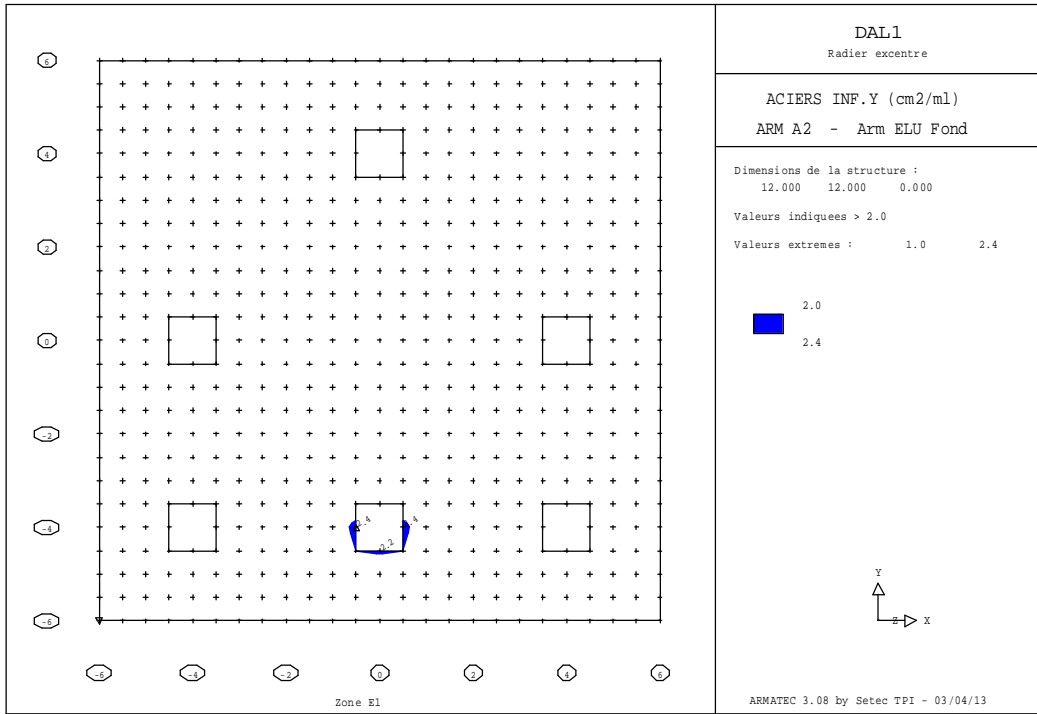
$$\text{Cf EC2 § 9.2.1.1 : } A_{s,min} = \max\left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d ; 0.0013 \cdot b \cdot d\right)$$

$$A_{s,min} = \max\left(0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \times 0.9 ; 0.0013 \times 0.9\right) = \max(13.6 ; 11.7) = 13.6 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On adopte HA 20 e=20 soit 15.7 cm²/ml

3.3.3 Cartographies d'armatures à l'ELU Fondamental





> Vérification des ordres de grandeur - Cas du nœud E1 :119 (file X=-4 / Y=+4)

* Rappel des sollicitations ELU Fond

RECAPITULATION *****										
ENVELOPPE	22	COEF	1.000	ELU Fond						
=====										
EFFORTS AUX NOEUDS										
=====										
NO	CAS	LIGNE	FXX	FYY	FXY	MXX	MYY	MXZ	VXZ	VYZ
E1:119	22	1	0.00	0.00	0.00	-48.33	65.81	-24.31	-39.88	-75.45
		2	0.00	0.00	0.00	-111.74	147.22	-46.51	-95.95	-165.88
		3	0.00	0.00	0.00	-96.07	113.62	-58.15	-70.51	-133.62
		4	0.00	0.00	0.00	-61.81	63.69	-34.47	-44.74	-74.45
		5	0.00	0.00	0.00	-64.00	99.41	-12.67	-65.33	-107.71
		6	0.00	0.00	0.00	-98.26	149.34	-36.35	-91.10	-166.89
		min	0.00	0.00	0.00	-111.74	63.69	-58.15	-95.95	-166.89
		max	0.00	0.00	0.00	-48.33	149.34	-12.67	-39.88	-74.45

* Listing des armatures calculées par le programme

RECAPITULATION *****													
TYPES D'ACIERS PASSIFS (616)													
=====													
fe = 500.0 MPa													
E = 200000.0 MPa													
Diam. d'encombrement = 1.200 x diam. nominal													

SENS X													

TY	NOEUD	NAPPE	TOTAL		LIT EXTERIEUR			TOTAL		LIT EXTERIEUR			Phi lim (mm)
			Sec.X (cm2/ml)	D-face (m)	Phi.X (mm)	Esp (m)	Couv (m)	Sec.Y (cm2/ml)	D-face (m)	Phi.Y (mm)	Esp (m)	Couv (m)	
-119	E1:119	SUP	1.0	0.048	5.	0.200	0.045	3.9	0.057	10.	0.200	0.051	32.
		INF	3.0	0.050	9.	0.200	0.045	1.0	0.058	5.	0.200	0.055	32.

* Vérification de Ay sup = 3.9 cm²/ml

Nota : Myy* = moment My majoré selon méthode de Wood (prise en compte de Mxy)

Ligne	Mxx	Myy	Mxy	Myy*
1	-48.33	65.81	-24.31	78.0
2	-111.74	147.22	-46.51	166.6
3	-96.07	113.62	-58.15	148.8
4	-61.81	63.69	-34.47	82.9
5	-64	99.41	-12.67	101.9
6	-98.26	149.34	-36.35	162.8
MAX		149.34		166.6

VERIFICATION D'UNE SECTION RECTANGULAIRE B.A EN FLEXION COMPOSEE

Titre : **ENPC - Dalle BA
AY SUP**

DONNEES			RESULTATS																
Section																			
bo =	1.000	m	- Ratio d'armatures																
h =	1.000	m	$\rho = A_{tot} / bo.d : 0.04 \%$																
Aciers			- Diagramme d'interaction - ELU																
	Section [*1] (cm ²)	Section (cm ²)	Pos % ext (m)																
Sup	4.08	0.057																	
Inf	0.00	0.050																	
[*1] Par défaut, les aciers sont déterminés à l'ELU																			
Matériaux			Moments résistants pour Nu=0 :																
fck, fyk	30.0	500.0	MPa	- M min = -0.1636 MN.m															
fcd, fyd (ELU)	20.0	434.8	MPa	- M max = 0.0015 MN.m															
σb, σa (ELS)	18.0	400.0	MPa																
Sollicitations			- Vérification des contraintes ELS																
	ELU	ELS																	
Nu, Ns	0.0000		MN																
Mu, Ms	-0.1666		MN.m																
n = Ea / Eb =		15																	
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Béton</th> <th>Acier</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>σ sup</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>σ inf</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>h comprimé</td> <td>1.000</td> <td></td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table>		Béton	Acier		σ sup	0.00	0.0	MPa	σ inf	0.0	0.0	MPa	h comprimé	1.000		m
	Béton	Acier																	
σ sup	0.00	0.0	MPa																
σ inf	0.0	0.0	MPa																
h comprimé	1.000		m																

SETEC TPI Cl-ba1.xls 18/04/13 RECT2 v.3

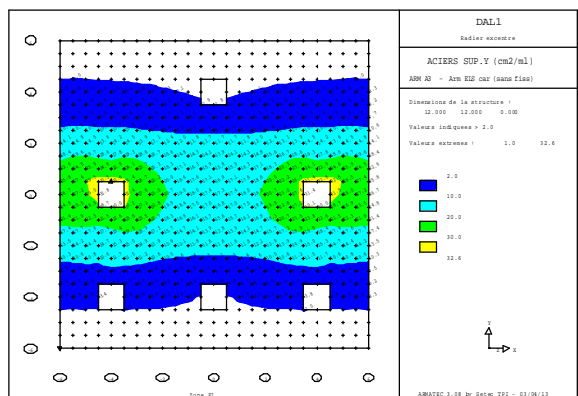
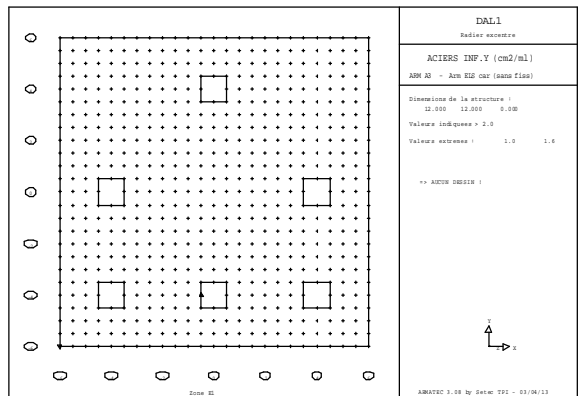
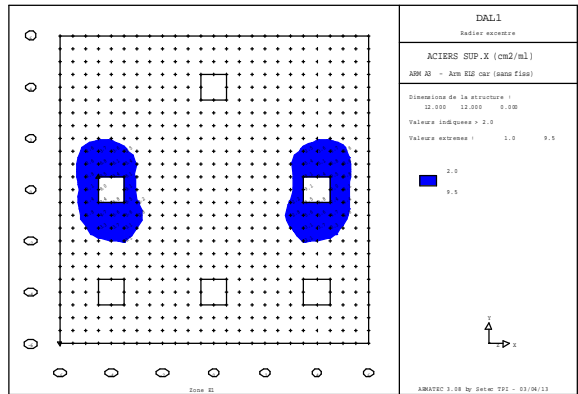
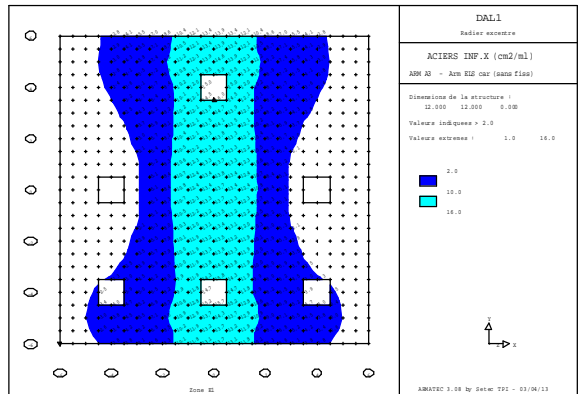
On trouve par calcul excel 4.08 cm², soit très légèrement plus que le programme ARMATEC (3.9 cm²). Ceci provient du fait qu'ARMATEC est plus précis au niveau de la loi de comportement du béton : loi parabole-rectangle, et non rectangulaire simplifiée.

3.3.4 Cartographies d'armatures à l'ELS caractéristique - Limitation des contraintes

Les contraintes sont limitées à :

- $0.6 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$ dans le béton
- $0.8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$ dans les armatures

On vérifie que ce cas n'est pas déterminant

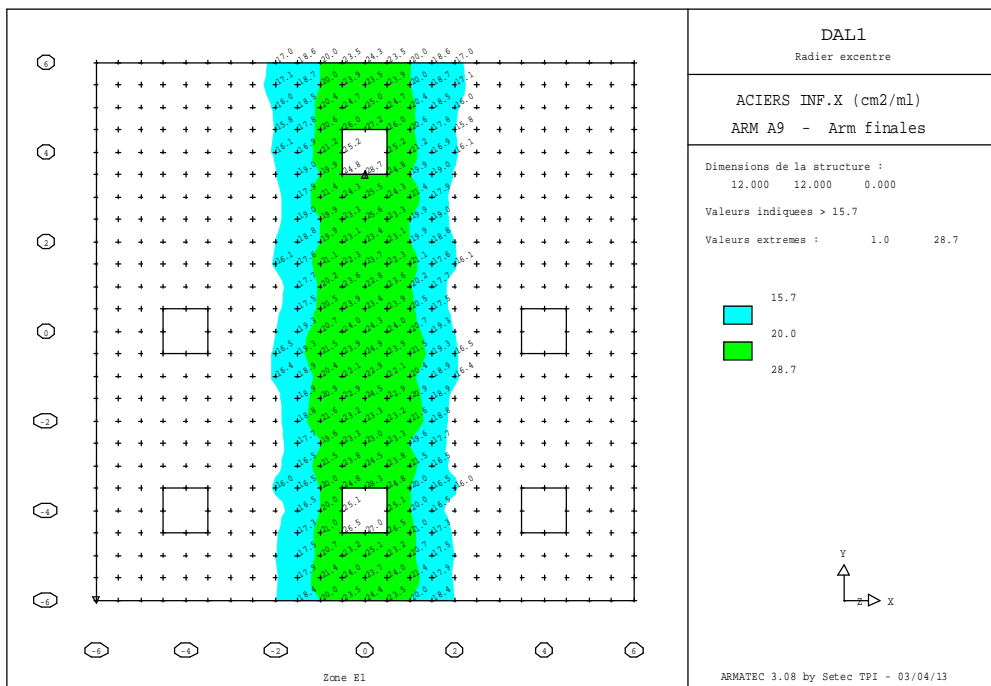
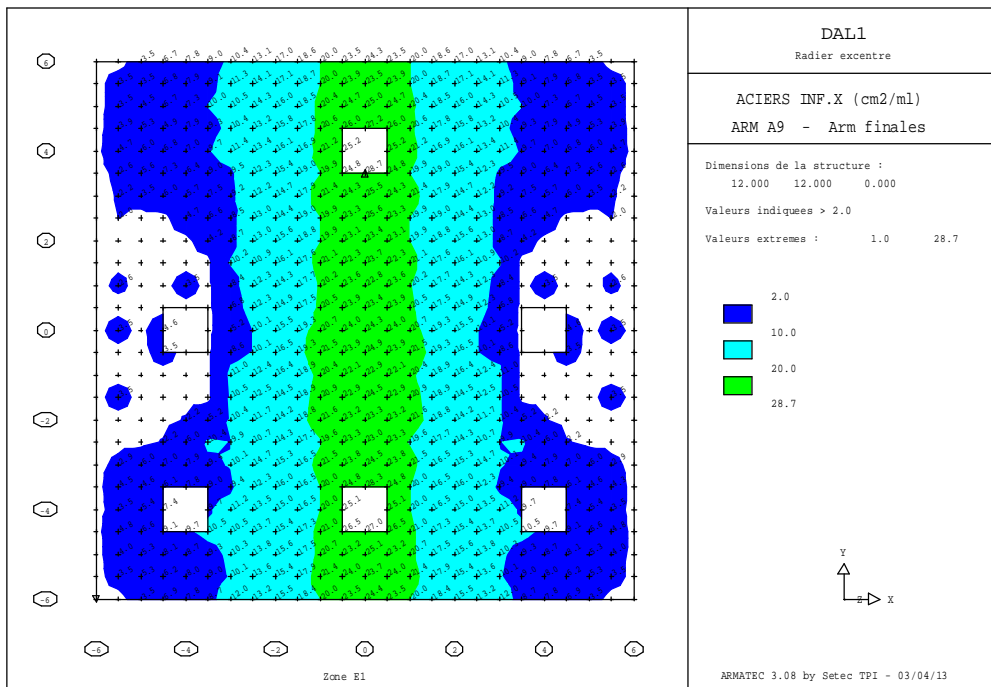


3.3.5 Cartographies d'armatures à l'ELS caractéristique - Limitation des largeurs de fissures

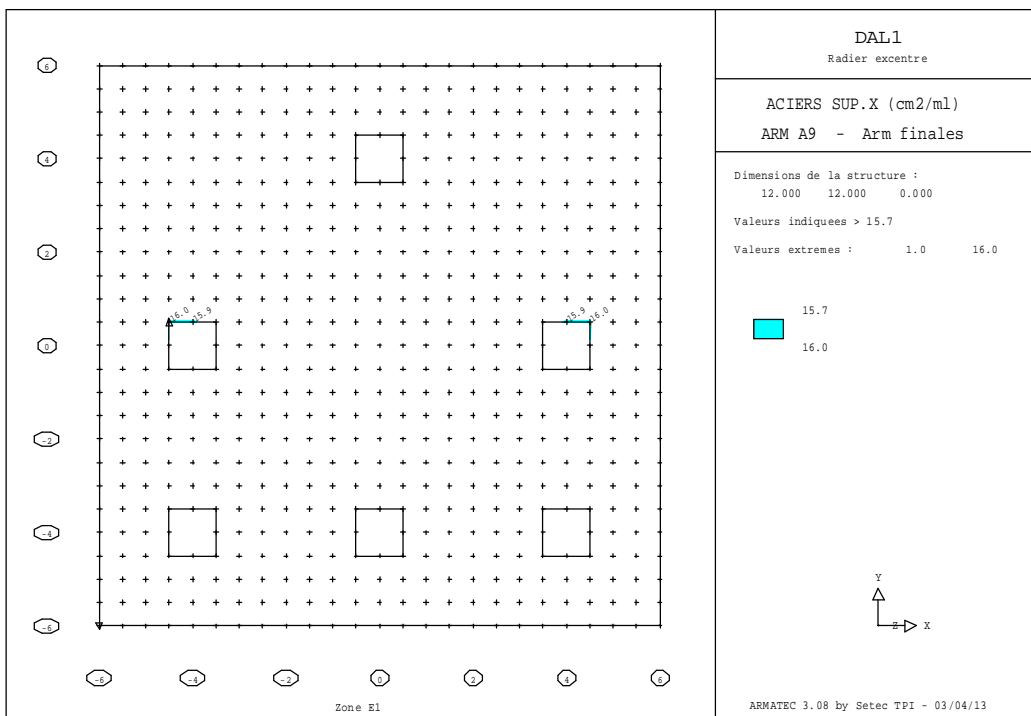
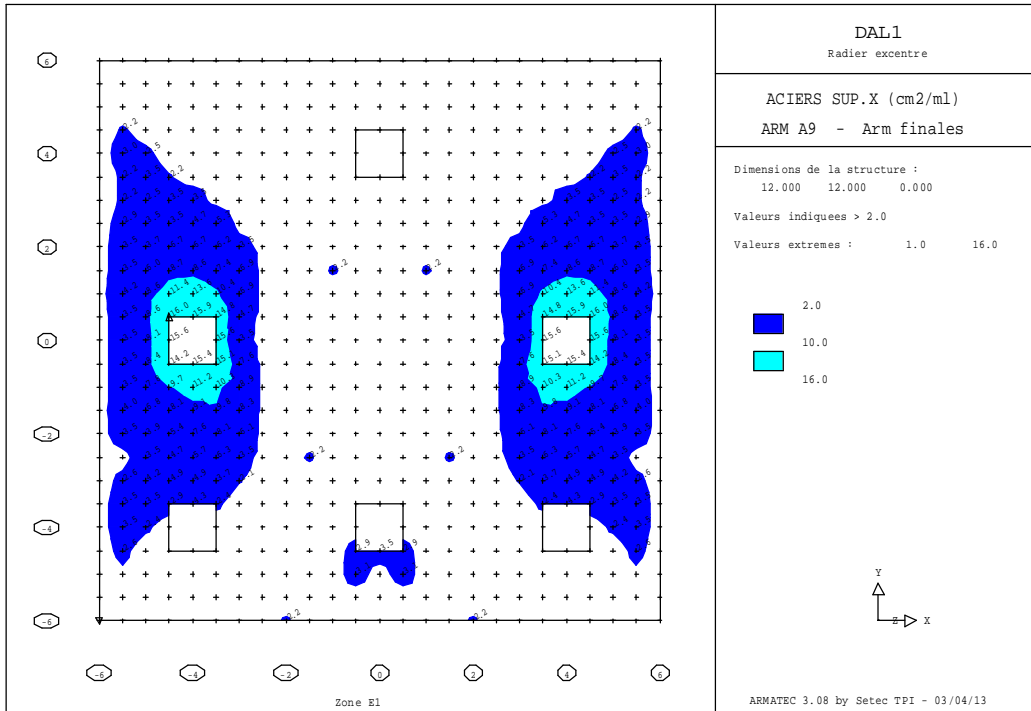
On limite les largeurs de fissures à 0.3mm : on constate qu'en revanche ce cas est déterminant. Nous présentons ci-dessous l'enveloppe finale des armatures :

- en représentant d'abord les armatures supérieures à 2 cm²/ml
- puis en ne représentant que les armatures supérieures à 15.7 cm²/ml = ferrailage mini

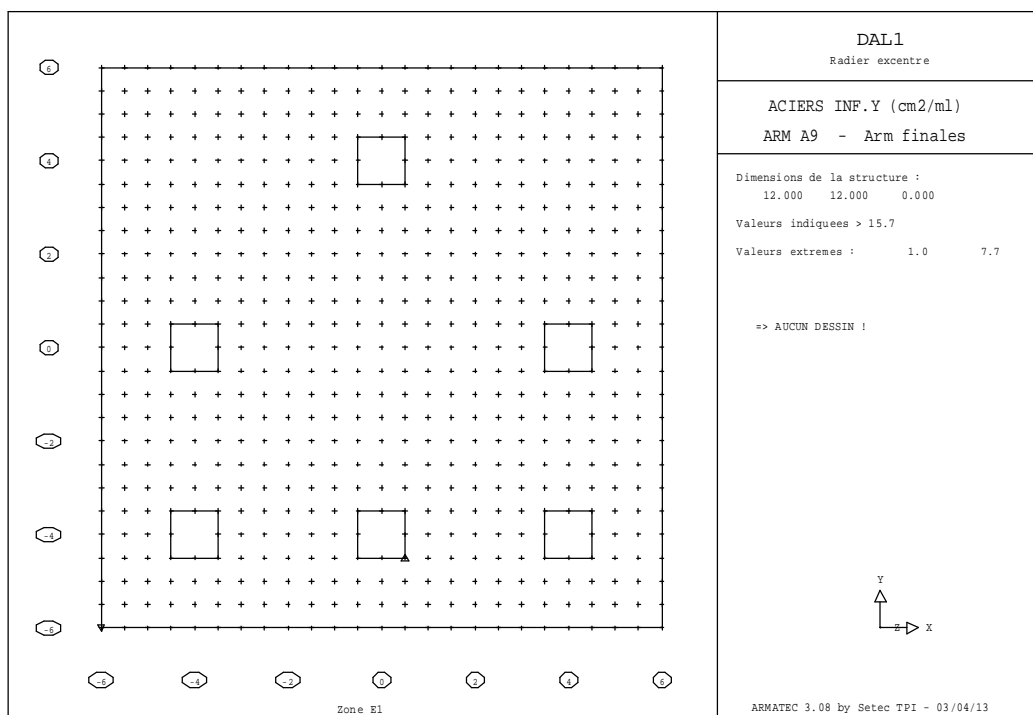
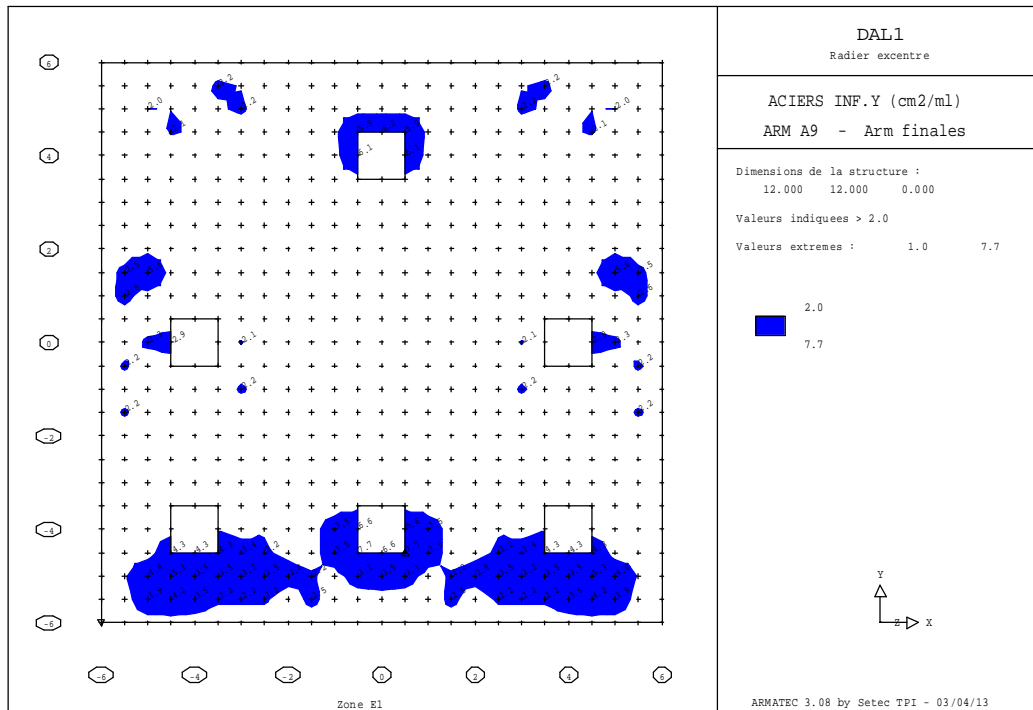
> Armatures INF X



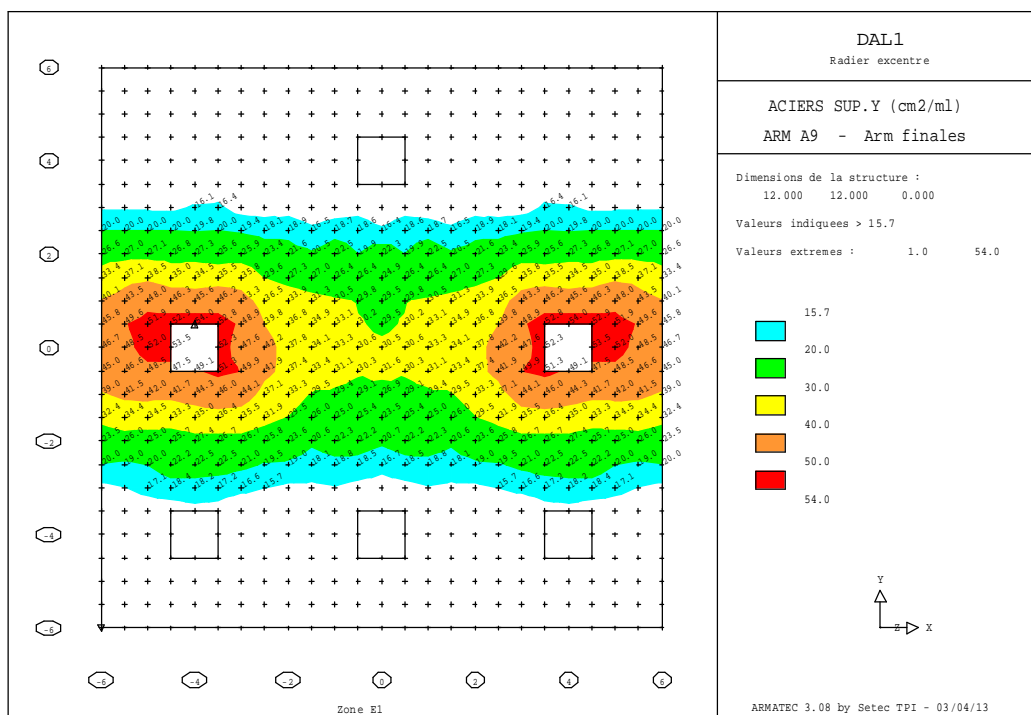
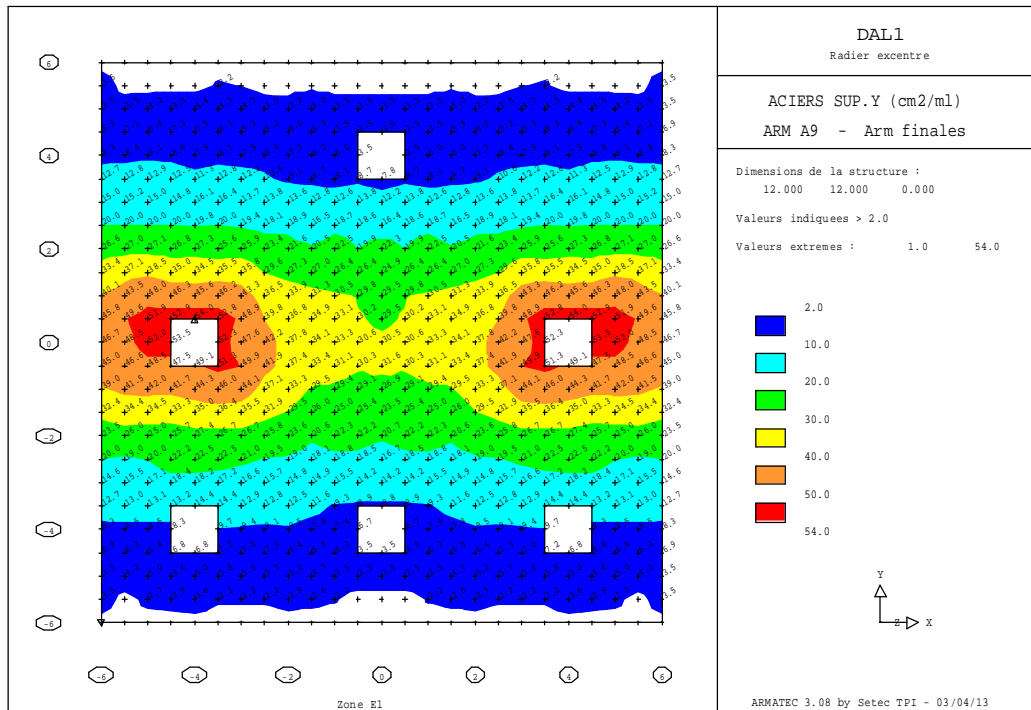
> Armatures SUP X



> Armatures INF Y



> Armatures SUP Y



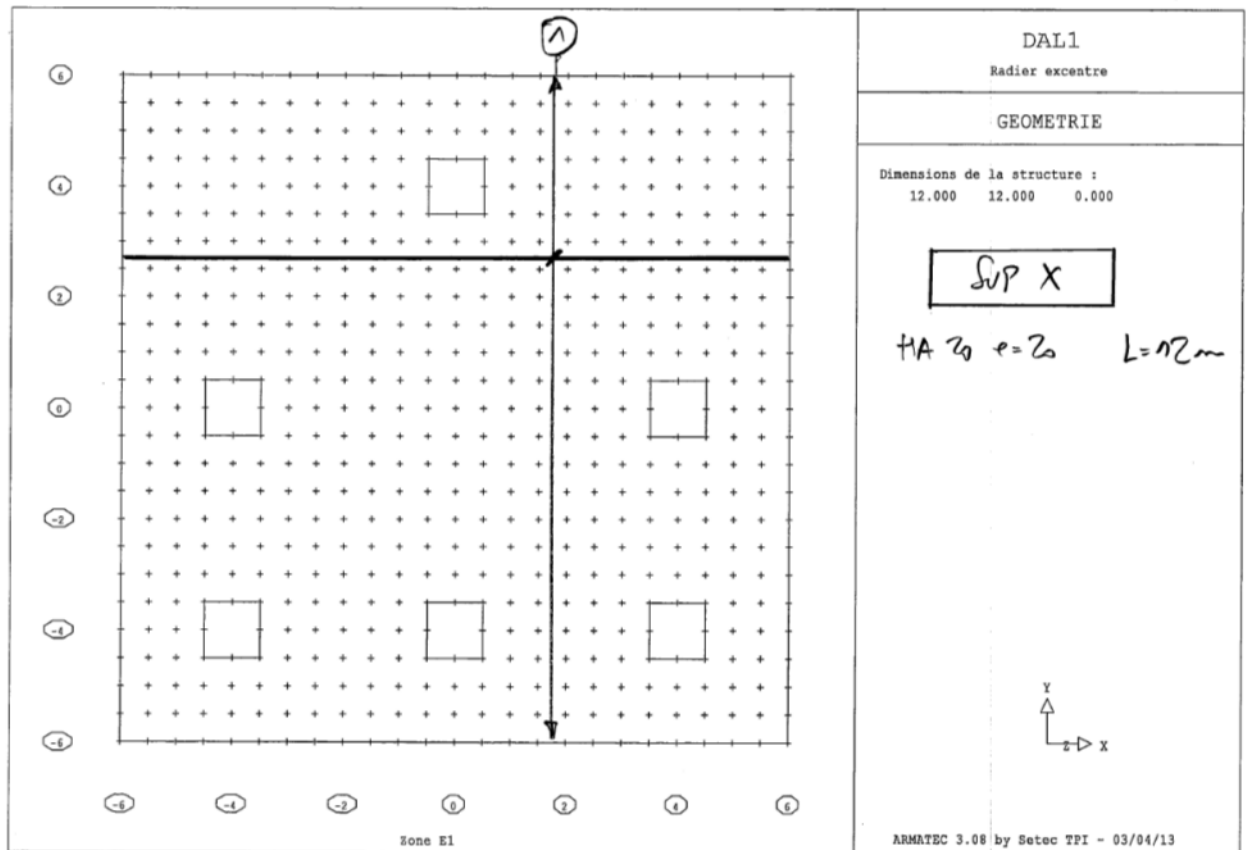
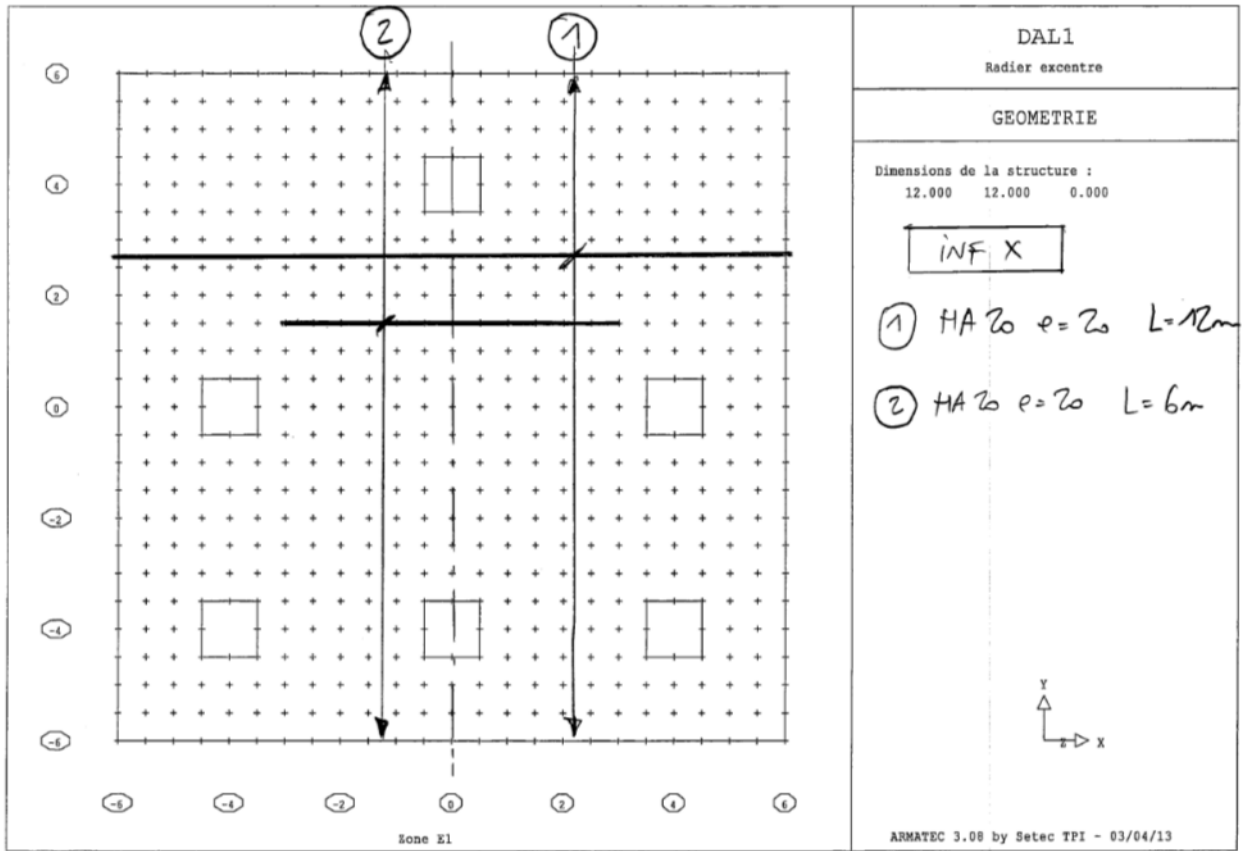
3.4 Ferrailage pratique

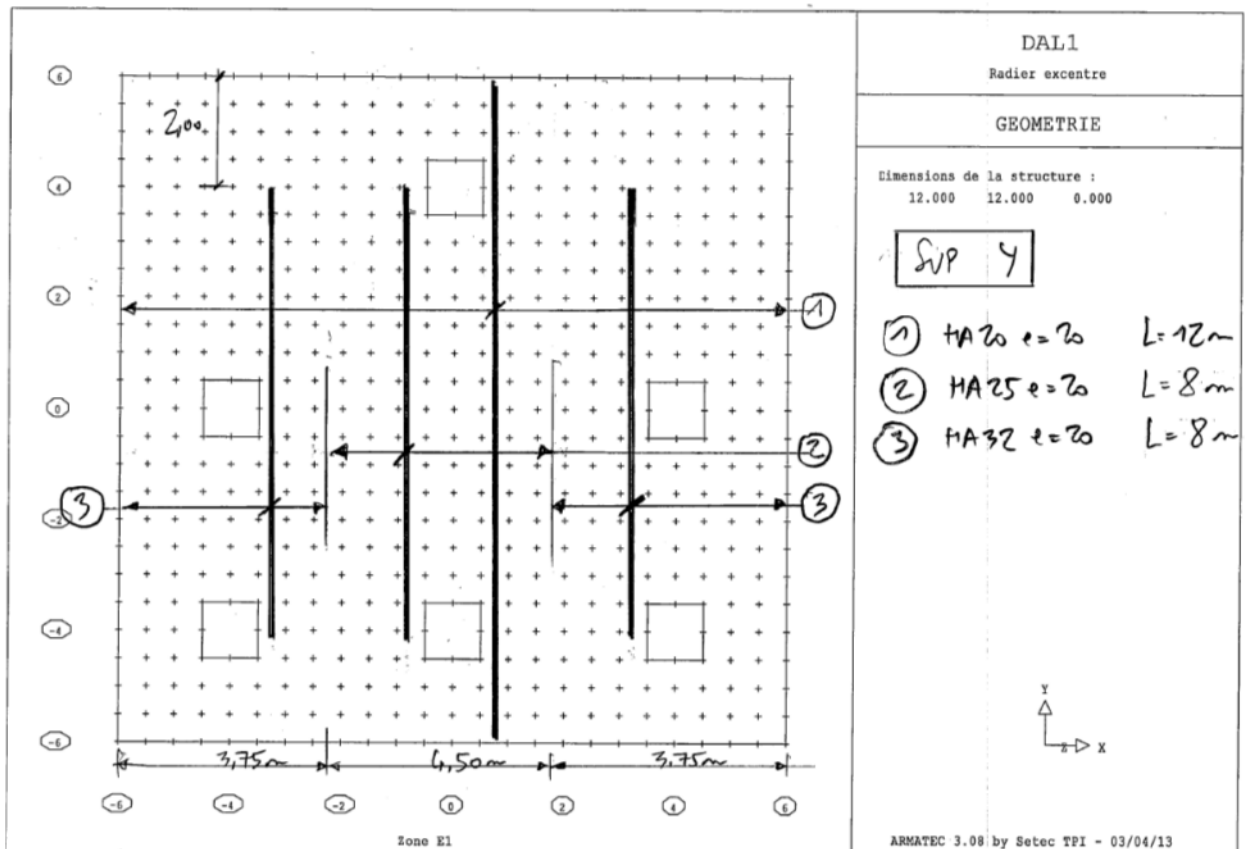
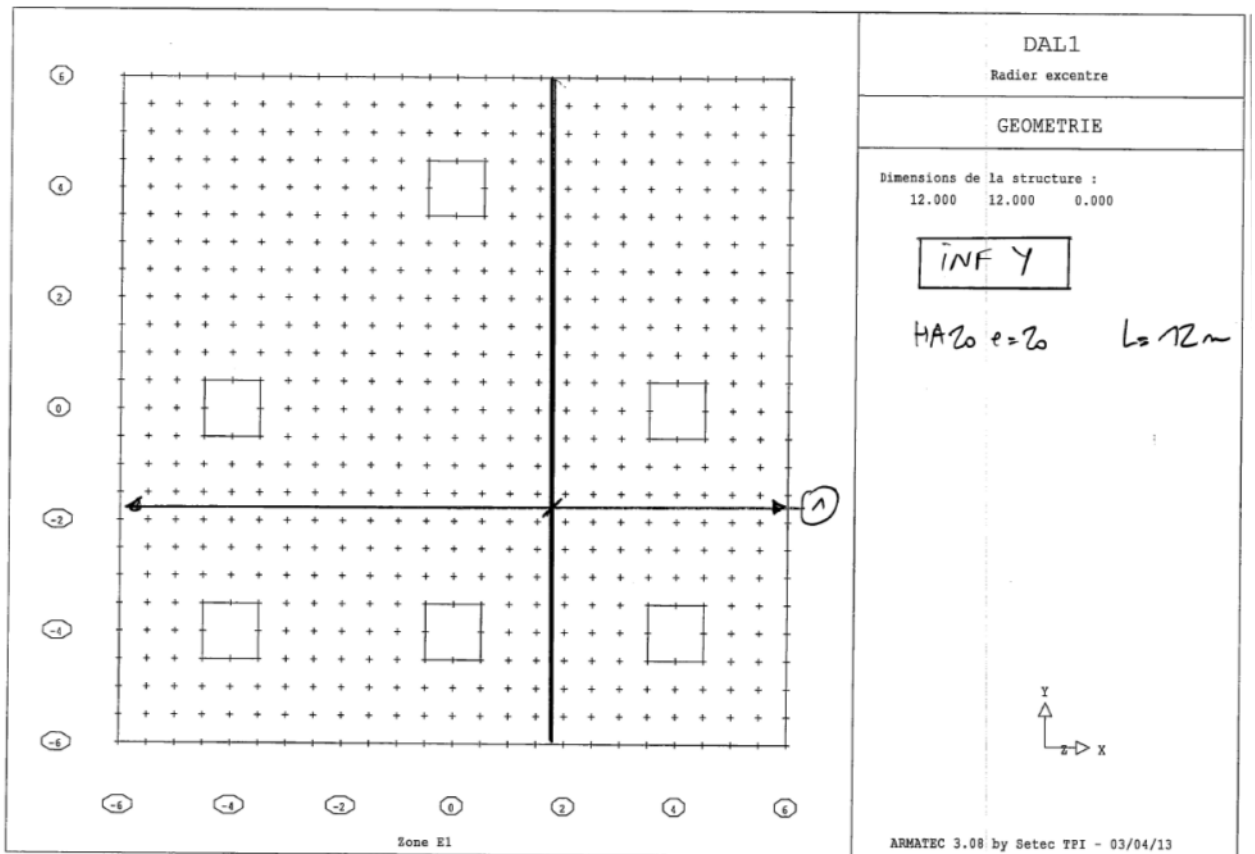
3.4.1 Décalage de courbe des moments

$$\Delta L = 0.5 \cdot z \cdot \cotg \theta \leq 0.5 \cdot z \times 2.5 = 1.25 \cdot z \cong 1.12 \cdot d \cong h$$

On doit donc décaler les sections d'acier de l'ordre de 1m (ce qui correspond à 2 maille de notre maillage) dans la direction la plus défavorable, selon X pour les armatures X, et selon Y pour les armatures Y.

3.4.2 Cartographies de ferrailage pratique

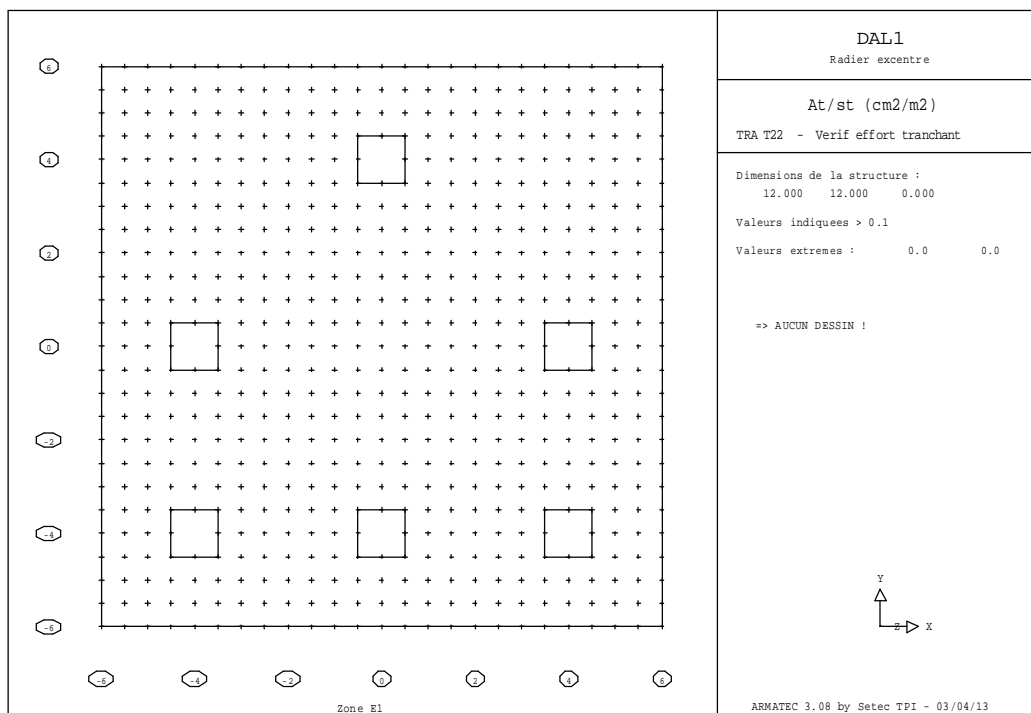
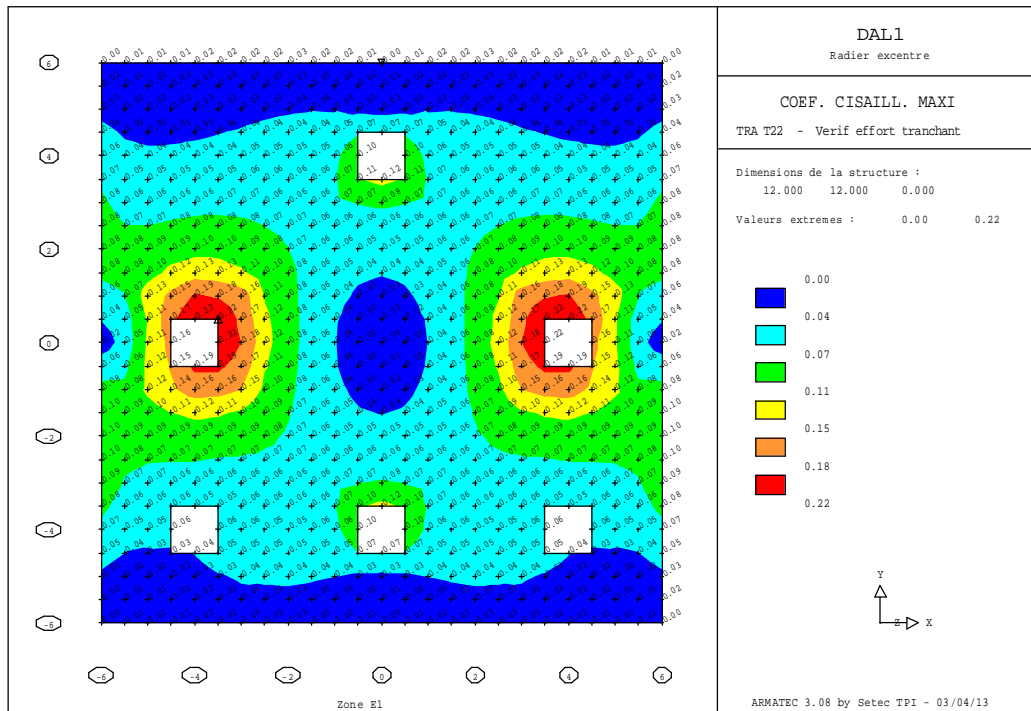




3.5 Vérification à l'effort tranchant

S'agissant d'une dalle, on vérifie qu'aucune armature n'est théoriquement nécessaire.

- la 1^{ère} cartographie ci-dessous correspond au ratio : $V_{Ed} / V_{Rd\ max}$: ce coefficient doit rester inférieur à 1
- la 2^{ème} cartographie correspond aux sections d'armatures transversales nécessaires

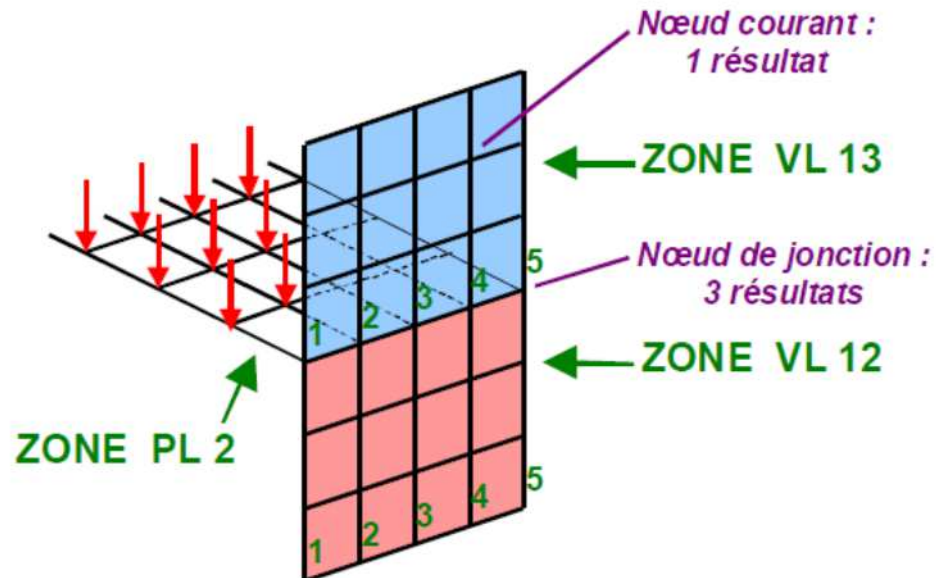


On placera toutefois une quantité minimale d'épingles (par exemple 4 HA 12 / m²), nécessaires pour le maintien des armatures supérieures lors du bétonnage.

4 COMMENTAIRES - PETITS PIEGES A EVITER

4.1 Jonction de plusieurs panneaux

Etre vigilant à ne pas faire de moyenne aux nœuds sur plusieurs panneaux (lors de la récupération des résultats éléments finis), ce qui fausserait les résultats.



4.2 Orientation des repères locaux

Le programme éléments finis ne peut pas « deviner » dans quelle direction on souhaite placer les armatures X et Y respectivement => l'utilisateur doit forcément définir un repère local à un moment donné.