



Réf. : **95 8900** | Indice : **A** | Date : **19/05/2017**

DIRECTION GENERALE AVIATION CIVILE
DALLAGES DU BATIMENT EN PIED DE TOUR DE CONTROLE DE
L'AEROPORT DE LILLE-LESQUIN

CALCUL DE CAPACITE PORTANTE

Identification du document
Client
DIRECTION GENERALE AVIATION CIVILE
Ouvrage
DALLAGES DU BATIMENT EN PIED DE TOUR DE CONTROLE DE L'AEROPORT DE LILLE-LESQUIN
Intitulé
CALCUL DE CAPACITE PORTANTE

<i>Référence</i>	<i>Nature</i>	<i>Indice</i>	<i>Nb pages</i>	<i>Nb annexes</i>
95 8900	DIA	A	11	2

Liste des annexes

Annexe 1	Implantation des investigations (1 page)
Annexe 2	Détail des calculs (9 pages)

Suivi des indices

<i>Indice</i>	<i>Date</i>	<i>Modifications</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Vérification</i>
A	19/05/2017	1 ^{ère} édition	R. CABART	F. BOUREAU

Diffusion

<i>Entité</i>	<i>Destinataire</i>	<i>Nombre et type d'exemplaires</i>
Direction Générale Aviation Civile	Monsieur N. KHIYER	1 exemplaire, version PDF

SOMMAIRE

I - MISSION	3
I.1 - OBJET	3
I.2 - METHODOLOGIE	3
II - PRESENTATION DE L'OUVRAGE	3
II.1 - PLAN DE SITUATION	3
II.2 - DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	3
III - RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN-SITU	5
IV - ESSAIS DE RESISTANCE A LA COMPRESSION DU BETON.....	7
V - CALCULS DE CAPACITE PORTANTE	9
V.1 - HYPOTHESES DE CALCUL	9
V.1.1 - Dossier d'ouvrage	9
V.1.2 - Textes normatifs applicables.....	9
V.1.3 - Caractéristiques des dallages.....	9
V.1.4 - Matériaux béton	9
V.1.5 - Sol support.....	10
V.1.6 - Charges d'exploitation.....	10
V.2 - VERIFICATION DES CONTRAINTES DE TRACTION.....	10
VI - SYNTHESE ET CONCLUSION	12

I - MISSION

I.1 - Objet

Suite à un projet de réaménagement de deux locaux informatiques, situés au pied de la tour de contrôle de l'aéroport de Lille-Lesquin, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a confié à SIXENSE CONCRETE une mission de diagnostic structural, avec calculs de portance des dallages.

I.2 - Méthodologie

L'intervention sur site a donné lieu aux opérations suivantes :

- Analyse radar au droit des dallages afin de vérifier leurs compositions et avoir une estimation de leurs épaisseurs et vérifier la position du ferrailage ;
- Réalisation de 9 carottages traversants sur dallage afin de déterminer l'épaisseur nominale des dallages et la résistance caractéristique en compression du béton (via des essais de compression simple en laboratoire),

II - PRESENTATION DE L'OUVRAGE

II.1 - Plan de situation

Les dallages sont situés au pied de la tour de contrôle de l'aéroport de Lille-Lesquin, située sur la partie Sud-Ouest de l'aéroport. La figure ci-dessous illustre un plan de situation des locaux informatiques (en bleu).

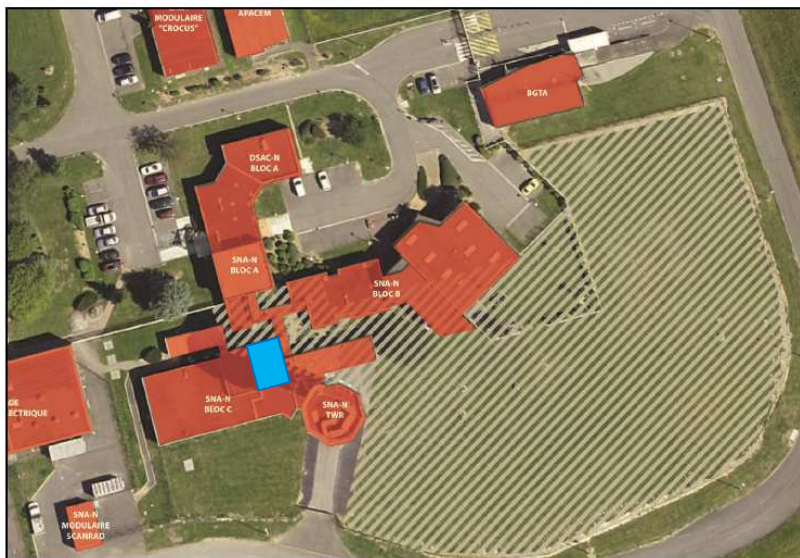


Figure 1 : Vue en plan des locaux informatiques concernés par la présente étude

II.2 - Description de l'ouvrage

Les dallages des deux locaux informatiques sont recouverts par des planchers techniques pouvant recevoir une surcharge de 500 kg/m². Les dallages des deux locaux investigués sont séparés par un joint de rupture et ont été construits à des périodes différentes :

- Le dallage situé au plus près de la tour de contrôle, nommé dallage A dans la suite du présent rapport, date de 1987. D'après le plan de coffrage en notre possession, le dallage mesure 6,13 m x 5,43 m et possède une épaisseur de 10 cm.

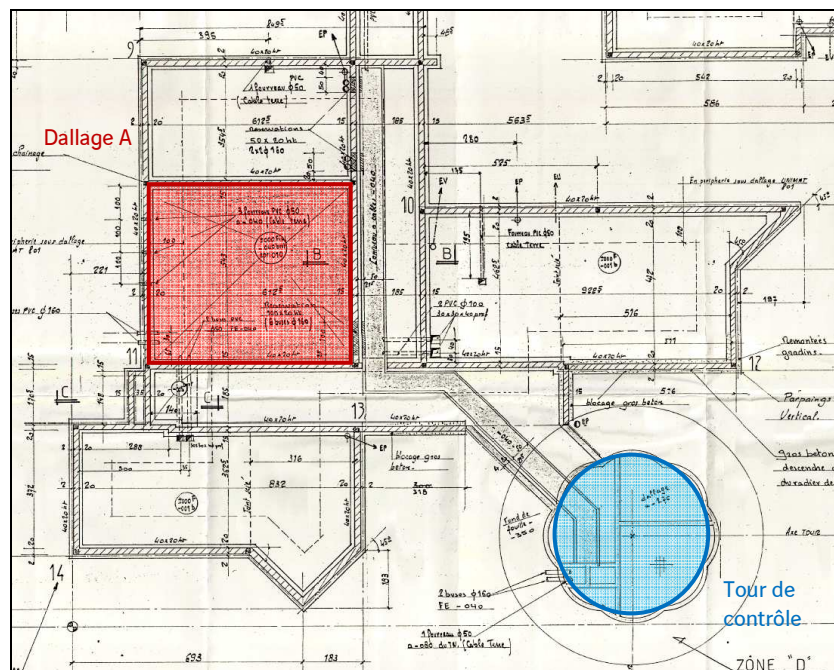


Figure 2: Vue en plan du dallage A – Extrait Plan 100° Fondations_Dallage – Coffrage – 12/01/87

- Le second dallage a été construit par la suite lors des travaux d'extension des locaux en 1994. D'après le plan d'exécution en notre possession, il y a en réalité deux dallages identiques, nommés dallages B et B' dans la suite du présent rapport. Ils sont de dimensions respectives 6,25 m x 3,61 m et 6,25 m x 5,35 m et présentent un treillis soudé P100 à mi- épaisseur de dallage (ep = 12 cm).

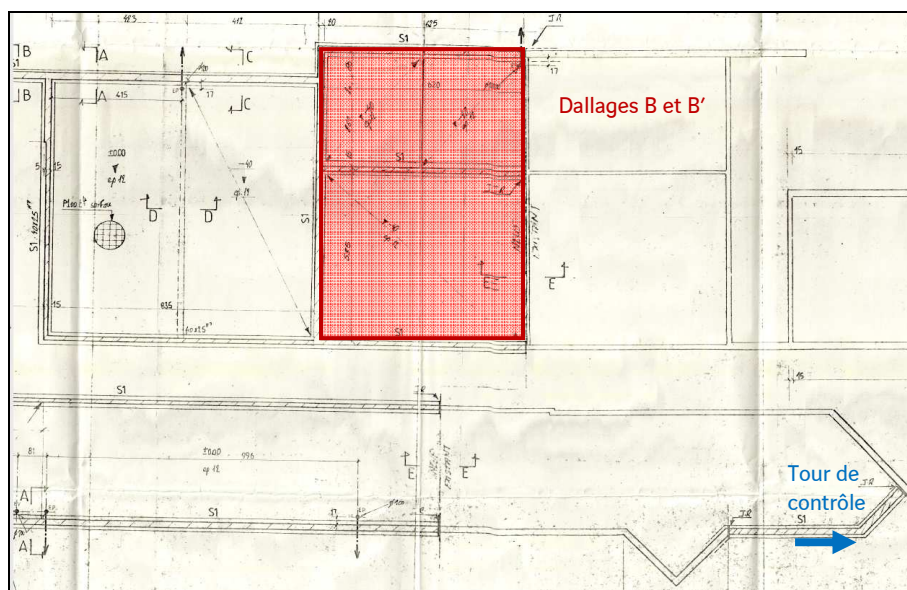


Figure 3: Vue en plan des dallages B et B' – Extrait Plan Fondations extensions A et B – Exécution – 20/12/94

Les dallages A, B et B' sont des dallages à usage autre qu'industriel ou assimilés relevant du domaine d'application de la norme DTU 13.3, partie 2.

III - RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN-SITU

Un total de 9 prélèvements de béton par carottage (C1 à C6, C1bis, C4bis, C5bis) a été réalisé au niveau des dallages A, B et B'. Ci-après sont présentés des photographies ainsi que les caractéristiques visuelles des investigations réalisées au niveau des dallages :



Figure 4: Présentation des 4 prélèvements par carottage – Dallages B et B'





Figure 5: Présentation des 5 prélèvements par carottage – Dallage A

Zone	Echantillon	Dimensions échantillon Ø x L (mm)	Présence d'aciers		Remarques
			Prof (mm)	Ø (mm)	
Dallage B et B'	C1	74 x 115	-	-	
	C1bis	74 x 115	108	4,5	1TSHA P100
	C2	74 x 115	-	-	
	C3	74 x 120	-	-	
Dallages A	C4	54 x 70	-	-	
	C4bis	74 x 75	54	4,5	2TSHA P100

Zone	Echantillon	Dimensions échantillon Ø x L (mm)	Présence d'aciers		Remarques
			Prof (mm)	Ø (mm)	
			63	4,5	
			71	4,5	
	C5	54 x 80	-	-	Recouvrement TSHA P100
	C5bis	54 x 80	67	4,5	
			78	4,5	
	C6	54 x 90	-	-	

Tableau 1: Caractéristiques des 9 prélèvements par carottage

Les dallages B et B' sont constitués d'un béton d'une épaisseur variant de 11,5 à 12 cm dans lequel sont noyés un treillis soudé TSA P100 présentant des mailles carrées de dimensions 15 x 15 cm avec des armatures de 4,5 mm de diamètre. Les dallages sont ainsi considérés comme non armés.

Le dallage A est constitué d'un béton d'une épaisseur variant de 7 à 9 cm dans lequel est noyé deux treillis soudés TSA P100 présentant des mailles carrées de dimensions 15 x 15 cm avec des armatures de 4,5 mm de diamètre. La section d'armature dans chaque sens est égale à 2,12 cm²/ml et est inférieure à 3 cm²/ml (section minimale dans chaque sens requise pour un dallage armé relevant de la partie 2). Le dallage est ainsi considéré comme non armé. Une fissure a été relevée lors de la réalisation de nos investigations (cf. Figure 5).

IV - ESSAIS DE RESISTANCE A LA COMPRESSION DU BETON

Les essais de résistance à la compression, sur les carottes en béton, ont été réalisés en laboratoire selon la norme NF EN 12390-3. La résistance caractéristique à la compression a été évaluée suivant la norme NF EN 13791/CN.

Les résultats des essais de compression sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Zone	Ech	Diamètre Ø (mm)	Longueur L (mm)	Elancement (L / Ø)	Masse (g)	Fc (kN)	Rc (MPa)	Rc corrigée (MPa)
Dallages B et B'	C1	75	100	1,3	1004	136,8	31,0	26,3
	C2	75	100	1,3	1017	125,8	28,5	24,2
	C3	75	110	1,5	1109	141,8	32,1	28,0
Moyenne							30,5	26,1
Ecart-type							1,5	1,6

Tableau 2 : Résultats des essais de résistance à la compression – Dallages B et B'

Zone	Ech	Diamètre Ø (mm)	Longueur L (mm)	Elancement (L / Ø)	Masse (g)	Fc (kN)	Rc (MPa)	Rc corrigée (MPa)
Dallage A	C4	54	62	1,1	332	130,9	57,2	45,7
	C5	54	70	1,3	385	116,1	50,7	41,9
	C6	54	70	1,3	399	128,2	56,0	46,3
Moyenne							54,6	44,6
Ecart-type							2,8	2,0

Tableau 3 : Résultats des essais de résistance à la compression – Dallage A

Compte tenu du nombre d'éprouvettes prélevées sur les dallages (2x3), les résistances caractéristiques à la compression des bétons en place sont évaluées par l'approche B de la norme NF EN 13791/CN.

La résistance caractéristique à la compression du béton en place est **la valeur la plus faible de** :

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad \text{ou} \quad f_{ck,is} = f_{is,plus faible} + 4$$

Avec :

$f_{ck,is}$: résistance caractéristique à la compression du béton prélevé sur site

$f_{m(n),is}$: moyenne sur n résultats d'essai de la résistance à la compression du béton prélevé sur site

$f_{is,plus faible}$: plus faible résultat d'essai de la résistance en compression du béton prélevé sur site

k : marge associée à de petits nombres de résultats d'essai (ici k = 7)

L'application stricte de la norme NF EN 13791/CN fournit les résistances caractéristiques suivantes :

$$f_{ck,is} \text{ dallages B et B'} = \min (19,1 \text{ MPa} ; 28,2 \text{ MPa}) = \mathbf{19,1 \text{ MPa}}$$

$$f_{ck,is} \text{ dallage A} = \min (37,6 \text{ MPa} ; 45,9 \text{ MPa}) = \mathbf{37,6 \text{ MPa}}$$

Au sens de la norme NFEN 13791, les classes de résistance à la compression conformes à l'EN 206-1 qu'il convient de retenir sont les classes C20/25 pour les dallages B et B' et C40/50 pour le dallage A. Il faut noter que les carottes prélevées au niveau du dallage A possèdent un diamètre et un élancement relativement faibles, ce qui a tendance à donner des résistances à la compression relativement élevées. Par sécurité, nous considérerons ainsi une classe de béton C25/30 pour le dallage A.

V - CALCULS DE CAPACITE PORTANTE

V.1 - Hypothèses de calcul

V.1.1 - Dossier d'ouvrage

Le dossier d'ouvrage contient les éléments suivants :

- Plan 100^A – Fondations_Dallage – Coffrage – 12/01/87 ;
- Plan Fondations extensions A et B – Exécution – 20/12/94 ;
- Etude géotechnique préalable G1 ES & PGC de GEO MECA – Projet d'aménagement : Construction d'un bâtiment R+1 en extension – 15/03/16.

V.1.2 - Textes normatifs applicables

Le dallage est vérifié selon les règles du DTU 13.3, Partie 2.

Il convient de noter que le DTU 13.3 Partie 2 préconise une épaisseur minimale de 13 cm. Cette condition n'est pas vérifiée en tout point des dallages (épaisseur variant de 7 à 9 cm pour le dallage A et 11,5 à 12 cm pour les dallages B et B').

V.1.3 - Caractéristiques des dallages

Nous exposons, ci-après, un récapitulatif général des caractéristiques des dallages.

Caractéristiques	Dallages B et B'	Dallage A
Epaisseurs mesurées (cm)	De 11,5 à 12	De 7 à 9
Couche de glissement	Non	Non
Exposition et localisation	Intérieur à usage courant et abrité du soleil	Intérieur à usage courant et abrité du soleil
Dimension des panneaux	6,25 x 3,51 6,25 x 5,35	6,33 x 5,43
Type de joint	RAS	RAS
Type de dallage	Dallage non armé	Dallage non armé
Epaisseur de calcul	11,5	7

V.1.4 - Matériaux béton

Les bétons considérés sont des bétons avec des résistances caractéristiques prises égales à :

- 20 MPa (classe C20/25) pour les dallages B et B' ,
- 25 MPa (classe C25/30) pour les dallage A.

V.1.5 - Sol support

Les informations délivrées par le sondage pressiométrique PR1 (Etude géotechnique préalable G1 ES & PGC de GEO MECA du 15/03/16) situé à proximité directe des dallages d'étude sont présentées ci-dessous :

Tranche de terrain	Nature	Module pressiométrique E_M (MPa)	Coefficient rhéologique α	Module d'élasticité du sol E_s (MPa)
0*/2,4 m	Limon	4,2	0,66	6,4
2,4/3,1 m	Limon	6,3	0,66	9,5
3,1/6,6 m	Craie de teinte blanche	7,2	0,66	10,9
> 6,6 m	Craie de teinte blanche	28,4	0,66	43

*Le « 0 » correspond à la sous-face de dallage actuel

Tableau 4: Modèle géotechnique des sols supports

Remarque : Le coefficient rhéologique α est pris égale à 0,66 pour l'ensemble des tranches de terrain rencontré, afin de se placer dans le sens de la sécurité. Du fait que nous ne disposons que d'informations de sol à proximité des dallages et non directement sous les dallages, nous avons opté pour des coefficients rhéologiques donnant des modules d'élasticité les plus défavorables.

V.1.6 - Charges d'exploitation

Le plan 100^A – Fondations_Dallage – Coffrage du 12/01/87 nous indique que les surcharges prises en compte au niveau du rez-de-chaussée, correspondant au dallage A, sont de 250 kg/m².

V.2 - Vérification des contraintes de traction

Les calculs ont été réalisés à l'aide d'une feuille de calcul, dont les détails sont présentés en Annexe 2. Le tableau ci-dessous présente la synthèse des résultats :

Dallage (charge)	Zone	Contrainte de traction maximale (MPa)	Contrainte admissible (MPa)	Vérification	Tassement maximal (mm)*	Vérification
Dallages B et B' (Charge = 2 t/m ²)	Partie courante	1,266	1,53	OK	7,53	OK
	Bordure de dalle	0,124	1,53	OK		
	Angle de dalle	0,819	1,53	OK		

Dallage (charge)	Zone	Contrainte de traction maximale (MPa)	Contrainte admissible (MPa)	Vérification	Tassement maximal (mm)*	Vérification
Dallage A (Charge = 2 t/m²)	Partie courante	1,133	1,80	OK	8,97	OK
	Bordure de dalle	0,124	1,80	OK		
	Angle de dalle	1,488	1,80	OK		

* Le tassement maximal calculé doit être inférieur à la déformation verticale absolue limite définie par le DTU 13.3 $L_1/2000 + 20$ mm, où L_1 (mm) est défini comme le plus côté du rectangle enveloppe du dallage.

Tableau 5: Vérification des contraintes dans le dallage selon le DTU 13.3 Partie 1

Les calculs réalisés selon les règles définies par le DTU 13.3 – Partie 1 montre que les dallages des locaux situés au pied de la tour de contrôle apparaissent suffisamment résistants pour résister à l'ELU à une charge d'exploitation de 2000 kg/m², sous les hypothèses de sol définies précédemment.

Néanmoins, les dallages ne présentent pas une épaisseur suffisante pour que les méthodes de calcul du DTU soient parfaitement applicables. Il convient donc de limiter la charge d'exploitation sur le dallage suivant les formules enveloppes du DTU. La contrainte due à une charge uniformément répartie pour un dallage non armé vaut :

$$\sigma = 6 \frac{M}{H^2} = 0,804q \left(\frac{E_{cm}}{E_s} \right)^{2/3}$$

Où :

- σ = Contrainte de traction engendrée par la charge uniformément répartie à laquelle il faut soustraire la contrainte due au retrait linéaire (0124 MPa pour les dallages A, B et B') ;
- q = chargement uniformément réparti (kN/m²) ;
- E_{cm} = module de déformation instantanée du béton (33 000 MPa pour le dallage A et 30 000 pour les dallages B et B') ;
- E_s = module d'Young du sol pris égal à 10 MPa.

Suite aux calculs, il convient de limiter les charges d'exploitation aux valeurs suivantes :

- **950 kg/m² pour le dallage A,**
- **850 kg/m² pour les dallages B et B'.**

VI - SYNTHESE ET CONCLUSION

Notre mission consistait à déterminer la capacité portante des dallages du bâtiment situé au pied de la tour de contrôle de l'aéroport de Lille Lesquin.

Compte tenu des éléments précédents, il ressort que :

- Selon le DTU 13.3, Partie 2, aucun des dallages ne possède une épaisseur suffisante (épaisseur inférieure à 13 cm).
- Les bétons des dallages identifiés sont C25/30 (par sécurité) pour le dallage A et C20/25 pour les dallages B et B'.
- En l'absence d'informations directes sur les terrains sous-jacents aux dallages, les hypothèses de sol basées sur le sondage pressiométrique PR1 de l'étude géotechnique préalable G1 ES & PGC de GEO MECA du 15/03/16 ont été utilisées. Les coefficients rhéologiques utilisés sont les plus défavorables.
- Les calculs menés selon les formules enveloppes du DTU 13.3, montrent que les dallages sont suffisamment résistants pour supporter une charge répartie de 950 kg/m² pour le dallage A et 850 kg/m² pour les dallages B et B'.

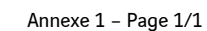
Note importante : il faudra veiller à répartir au mieux les charges sur les dallages. A l'heure actuelle, les charges transitent par les pieds du plancher technique et créent des charges ponctuelles qui viennent s'appliquer sur les dallages. Ces charges sont beaucoup plus pénalisantes pour les dallages (la fissure relevée lors de nos investigations débute au droit d'un pied du plancher technique [cf. Figure 5]).

Rapport établi le 19/05/2017

Le chargé d'affaires

R. CABART

ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS



ANNEXE 2 : DETAIL DES CALCULS

= nombre d'ensembles mobiles

0

Tab.12	n° type (*)											voir figure à droite (Ex. 4v)
	abs.début											m
	ord. début											m
	abs.fin											m
	ord. fin											m
	trafic C _t											1 ou 1,2 ou 1,4 (**)
	charge Q1											kN
	charge Q2											kN
	charge Q3											kN
	a											m
	b											m
	c											m
	npas x											nombre de pas de calcul
	npas y											d°

(*) Pour les types 3h et 3v, voir mode d'emploi

(**) : 1,4=trafic intense, 1,2=stockage courant, 1=autres cas (§6.2.1)

Le coefficient de majoration dynamique de 1,15 est appliqué automatiquement

= nombre de racks nr tabrac

Tab.13	type											hor. vert. simple, double (Ex.: 4)
	x _E											m coord. en bas
	y _E											m à gauche
	L											m long.
	H ₁											m larg.
	H ₂											m larg.
	n											nbre travées
	Q											kN charge d'un pied

Cas de charges

Cas n° 1	Charges réparties ou linéaires ou concentrées permanentes de longue durée
Cas n° 2	Charges réparties ou linéaires ou concentrées d'exploitation de longue durée
Cas n° 3	Charges réparties ou linéaires ou concentrées d'exploitation de courte durée
Cas n° 4	Charges complexes permanentes de longue durée (racks)
Cas n° 5	Charges mobiles de courte durée
Cas n° 6	Retrait (longue durée)
Cas n° 7	Température (longue durée)

Nombre de charges concentrées :

- isolées	0	Tab.14
- linéaires équiv.	0	
- réparties équiv.	0	
- racks	0	OK < 250
total	480	OK < 650

Combinaisons d'actions à l'ELS

Tab.15	Cas de charges n°	1	2	3	4	5	6	7	
	coefficient	1	1	0,77	1	1	1	0,5	cofca
	durée	long perm	long expl	court expl	longue	courte	longue	longue	

Courbes tassements :

(voir ci-dessous) :
oui=1 (long), non=0

0

Charge moyenne (autre que le poids propre) calculée par défaut = 20,00 kN/m²

Charge moyenne imposée (sinon 0) 0 kN/m²

Zone de calcul des tassements et des contraintes en partie courantes (les actions en angles ou bords ne sont pas prises en compte)

Tab.17	x	y										
	de	0	0	sommets opposés								
	à	6,33	5,43	d'un rectangle								
	nbre de pas	5	5									
	si nbre de pas=0 : il n'y a pas de calcul en zone courant											

Points où l'on souhaite connaître le tassement et les contraintes en zone courante sous la seule action des charges

x	0	3,15	6,33									
y	0	2,7	5,43									
w	2,99	8,97	2,99									mm
σ _{max}	0,381	-0,751	0,381									MPa
σ _{min}	-0,7565	-0,7519	-0,7565									MPa

RÉSULTATS

Tab.18	durée de combinais.											
	courte	longue										
	E _b	32 164	10 819	MPa	module d'Young du béton							
	D _{eq}	2,192	1,566	m	diamètre d'impact équivalent (§C.3.1.1)							
	K _{deq}	4,303	5,556	MPa/m	module de réaction conventionnel du sol (sur la surface de diamètre D _{eq}) (§C.3.1.1)							

Il est rappelé que le module de Westergaard sous plaque de 75 cm de diamètre doit être au moins de 50 MPa/m (§5.1.2.3)

Traction maximale : -0,756 MPa

Tab.19	ε _r	0,000428	retrait linéaire total = hydraulique (+ variation de t°) (§C.3.2.1.1) temps infini
	ε ⁿ _r	0,000418	retrait différentiel total maximal = hydraulique + gradient de t° (§C.3.2.1.4) à 5000 semaines
			retrait différentiel maxi [§C 3.2.1.4] obtenu à l'âge du béton (en sem.) voisin de 1,8 H ² = 13

Déformations en angles

Tab.20	L _{sa}	0,689	m	longueur de soulèvement en angle (C.3.2.2.1)
	w _{sa}	5,731	mm	flèche ascendante en l'absence de charge (§C.3.2.2.1)
	Q _s	13,110	kN	charge annulant le soulèvement en angle (§C.3.2.2.4)
	w _o	93,444	mm	tassement sous une charge longue durée de 1 MN au point de calcul

		angle 1	angle 2	angle 3	angle 4		
Tab.21	Q_e	2,43	2,43	2,43	2,43	kN	charge équivalente en angle (§C.3.2.2.2)
	w_{ar}	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	mm	soulèvement éventuel (§C.3.2.2.5)
	w_c	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement en cas de non-soulèvement
	w_Q	2,99	2,99	2,99	2,99	mm	tassement dû aux charges générales
	w_{co}	4,35	4,35	4,35	4,35	mm	avec $Q_s = 0$ (§C.3.2.2.5) + charges générales
	w_{max}	4,35	4,35	4,35	4,35	mm	tassement total

angle 1 : en bas à gauche
angle 2 : en bas à droite
angle 3 : en haut à droite
angle 4 : en haut à gauche

Déformations en bordures

Tab.22	L_{sb}	0,689	mm	
	w_{sb}	2,865	mm	flèche ascendante en l'absence de charge (§C.3.2.3.1)
	Q_s	17,103	kN	charge annulant le soulèvement en bordure (§C.3.2.2.4)

		bord 1	bord 2	bord 3	bord 4		
Tab.23	Q_e	0,00	0,00	0,00	0,00	kN	charge équivalente en bordure (§C.3.2.3.2)
	w_{rb}	-2,87	-2,87	-2,87	-2,87	mm	soulèvement éventuel (§C.3.2.3.5)
	w_c	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement en cas de non-soulèvement
	w_{co}	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	avec $Q_s = 0$ (§C.3.2.2.5) + charges générales
	w_{max}	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement total

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

Déformation limite autorisée (§6.1.1 et 6.1.2)

absolue	22,715	mm
relative	$L_2/2000 + 10$ mm	$L_2 =$ distance entre les deux points considérés

Déformations maximales en zone courante

Tab.24	w_{max}	8,858	mm
	en x =	2,532	m
	et y =	2,172	m

Contraintes limites de traction du béton

1,80	MPa	(§6.1.5)
------	-----	----------

A titre indicatif, contraintes maxi par formules enveloppes DTU	
- sous charges réparties (§C.4.1.6)	2,102 MPa
- sous charges linéaires (§C.4.1.7)	0,000 MPa

Contraintes extrêmes en parties courantes sous charges seules (traction < 0)

Tab.25	σ_{max}	0,381	MPa
	en x =	0,000	m
	et y =	0,000	m
	σ_{min}	-1,009	MPa (traction < 0)
	en x =	2,532	m
	et y =	1,086	m

Retrait et température en partie courante

contraintes dues à : Tab.26		
retrait linéaire	-0,124	MPa §C.4.1.1
gradient thermique	0,000	MPa §C.4.1.3
total	-0,124	MPa

Contraintes en angles (§C.4.2.3) (traction < 0)

		angle 1	angle 2	angle 3	angle 4		
Tab.27	si $Q_e \leq Q_s$	-1,49	-1,49	-1,49	-1,49	MPa	l'angle reste soulevé (traction < 0)
	si $Q_e > Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	l'angle vient en contact avec le support

angle 1 : en bas à gauche
angle 2 : en bas à droite
angle 3 : en haut à droite
angle 4 : en haut à gauche

Contraintes en bordures (§C.4.2.4) (traction < 0)

		bord 1	bord 2	bord 3	bord 4		
Tab.28	si $Q_e \leq Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	la bordure reste soulevée
	si $Q_e > Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	la bordure vient en contact avec le support
	σ_{bt}	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	fissure perpendiculaire au bord

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

Contrainte maximale totale de traction (compris retrait)

Tab.29	en partie courante :	-1,133	MPa	< 1,8 OK		8,97	mm
	en bordure :	-0,124	MPa	< 1,8 OK	2,87	0,00	mm
	en angle :	-1,488	MPa	< 1,8 OK	3,80	4,35	mm
	maximale :	-1,488	MPa	< 1,8 OK	3,80	8,97	mm

Soulèvement max

Tassement maximal

Titre **Dallage B** 22/5/17

H. Thonier version 10/01/2008

L'auteur n'est pas responsable
de l'utilisation faite de ce programme

Tab.1 Version DTU **1** 0 = mars 2005, 1=décembre 2006
choix résult. **1** 0 = calcul contraintes seules, 1 = contraintes et tassements

Dimensions hors tout du dallage général (zone de stockage)

Tab.2 x_C **6,25** m suivant Ox **LA**
 y_C **3,51** m suivant Oy **LB**

**CALCUL D'UN DALLAGE
SUIVANT LE DTU13.3-1
ANNEXE C (NF P 11-213-1)**

**Touche F9
pour exécuter**

Dimensions du panneau étudié

Tab.3 H **0,11** m épaisseur dallage < 0,15 KO **Hb**
e **0** m épaisseur chape éventuelle
 x_A **0** m coordonnées des deux sommets en diagonale
 y_A **0** m d°
 x_B **6,25** m d°
 y_B **3,51** m d°

Contrainte maximale de traction = 1,27 MPa < 1,53 OK
Déformation maximale = 7,53 mm

âge pour retr.différ. **5 000** sem. valeur conseillée : 5 000 semaines
 f_{c28} **19,6** MPa résistance du béton **fc**
 $f_{t, fendage}$ **0** MPa si connue, sinon rien ou 0
 D_g **20** mm taille des granulats du béton
v **0,2** coefficient de Poisson du béton **nub**
BA ou non **0** 1=béton armé, 0= béton non armé
d **0** hauteur utile, pour le BA

Tab.4 Si dallage armé

Moment max **2,5532** MNm
 A_s **0,00** cm²/m
 $A_{s,min}$ **4,40** cm²/m
 s_{max} **220** mm
 \varnothing_{max} **7** mm
une nappe centrale

Localisation du dallage

Tab.5 localis. **1** Localisation du dallage : 1 , 2 , 3 ou 4
gradient **0** °C/m gradient de température (§C.4.3.2.1.5 et § C.4.1.3)
 μ **1,5** coefficient de frottement (0,5 ou 1,5 ou autre valeur) (§C.4.1.1) - Par défaut : 1,5
 L_j **6,6** m distance entre joints de retrait (§C.4.1.1)
 φ **0,5** rapport entre charges extrêmes, à défaut 0,5 (§C.4.1.1)

Pour info, espacement maximal
autorisé des joints (§5.6.6)
6,6 m

Description du support

Tab.6 sable **0** =1 si couche de sable > 20 mm, sinon =0
 n_{cs} **4** nombre (<= 8) de couches de terrain y compris couche de forme éventuelle

Tab.7

	1	2	3	4				
h	2,4	0,7	3,5	10				
E	6,4	9,5	10,9	43				
v	0,35	0,35	0,35	0,35				

épaisseur **hs**
module d'Young **Es**
coeff. Poisson **nus**

Joints conjugués (à ne pas renseigner pour un dallage en BA)

Tab.8 **tconj**

	bord 1	bord 2	bord 3	bord 4	
	0	0	0	0	1=conjugué, 0=non conjugué

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

DESCRIPTION DES CHARGES

Voir le schéma des positions des charges fixes et des zones de circulation
des charges mobiles, après avoir entré les données ci-dessous

ncc = nombre de charges **concentrées** fixes autres que les racks ≤ 12

Tab.9

n° cas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
charge																				
abscisse																				
ordonnée																				

1 à 4 **tabcc**
kN
m
m

Une charge concentrée ne peut être exactement à cheval sur un angle ou un joint, la décaler d'un mm au besoin

ncl = nombre de charges **linéaires**

Tab.10

n° cas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
charge																				
abs.début																				
ord. début																				
abs.fin																				
ord. fin																				

1 à 4 **tabcl**
kN/m
m
m
m

ncr = nombre de charges **réparties**

Tab.11

n° cas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
charge																				
abs.début																				
ord. début																				
abs.fin																				
ord. fin																				
Q conc. éq.																				
sur carré																				

1 à 4 **tabcr**
kN/m²
m
m
m
m
kN
cm de côté

ncm **tabcm**

		angle 1	angle 2	angle 3	angle 4		
Tab.21	Q_e	3,30	3,30	3,30	3,30	kN	charge équivalente en angle (§C.3.2.2.2)
	w_{ar}	-1,02	-1,02	-1,02	-1,02	mm	soulèvement éventuel (§C.3.2.2.5)
	w_c	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement en cas de non-soulèvement
	w_Q	2,57	2,57	2,57	2,57	mm	tassement dû aux charges générales
	w_{co}	3,70	3,70	3,70	3,70	mm	avec $Q_s = 0$ (§C.3.2.2.5) + charges générales
	w_{max}	3,70	3,70	3,70	3,70	mm	tassement total

angle 1 : en bas à gauche
angle 2 : en bas à droite
angle 3 : en haut à droite
angle 4 : en haut à gauche

Déformations en bordures

Tab.22	L_{sb}	0,788	mm	
	w_{sb}	0,950	mm	flèche ascendante en l'absence de charge (§C.3.2.3.1)
	Q_s	17,571	kN	charge annulant le soulèvement en bordure (§C.3.2.2.4)

		bord 1	bord 2	bord 3	bord 4		
Tab.23	Q_e	0,00	0,00	0,00	0,00	kN	charge équivalente en bordure (§C.3.2.3.2)
	w_{rb}	-0,95	-0,95	-0,95	-0,95	mm	soulèvement éventuel (§C.3.2.3.5)
	w_c	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement en cas de non-soulèvement
	w_{co}	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	avec $Q_s = 0$ (§C.3.2.2.5) + charges générales
	w_{max}	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement total

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

Déformation limite autorisée (§6.1.1 et 6.1.2)

absolue	21,755	mm
relative	$L_2/2000 + 10$ mm	$L_2 =$ distance entre les deux points considérés

Déformations maximales en zone courante

Tab.24	w_{max}	7,397	mm
	en x =	2,500	m
	et y =	1,444	m

Contraintes limites de traction du béton

1,53	MPa	(§6.1.5)
------	-----	----------

A titre indicatif, contraintes maxi par formules enveloppes DTU	
- sous charges réparties (§C.4.1.6)	1,869 MPa
- sous charges linéaires (§C.4.1.7)	0,000 MPa

Contraintes extrêmes en parties courantes sous charges seules (traction < 0)

Tab.25	σ_{max}	0,399	MPa
	en x =	0,000	m
	et y =	3,610	m
	σ_{min}	-1,142	MPa (traction < 0)
	en x =	2,500	m
	et y =	0,722	m

Retrait et température en partie courante

contraintes dues à : Tab.26		
retrait linéaire	-0,124	MPa §C.4.1.1
gradient thermique	0,000	MPa §C.4.1.3
total	-0,124	MPa

Contraintes en angles (§C.4.2.3) (traction < 0)

		angle 1	angle 2	angle 3	angle 4		
Tab.27	si $Q_e \leq Q_s$	-0,82	-0,82	-0,82	-0,82	MPa	l'angle reste soulevé (traction < 0)
	si $Q_e > Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	l'angle vient en contact avec le support

angle 1 : en bas à gauche
angle 2 : en bas à droite
angle 3 : en haut à droite
angle 4 : en haut à gauche

Contraintes en bordures (§C.4.2.4) (traction < 0)

		bord 1	bord 2	bord 3	bord 4		
Tab.28	si $Q_e \leq Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	la bordure reste soulevée
	si $Q_e > Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	la bordure vient en contact avec le support
	σ_{bt}	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	fissure perpendiculaire au bord

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

Contrainte maximale totale de traction (compris retrait)

Tab.29	en partie courante :	-1,266	MPa	< 1,53 OK		7,53	mm
	en bordure :	-0,124	MPa	< 1,53 OK	0,95	mm	0,00
	en angle :	-0,819	MPa	< 1,53 OK	1,02	mm	3,70
	maximale :	-1,266	MPa	< 1,53 OK	1,02	mm	7,53

Soulèvement max

Tassement maximal

Titre **Dallage B'** 22/5/17

H. Thonier version 10/01/2008

L'auteur n'est pas responsable
de l'utilisation faite de ce programme

Tab.1 Version DTU **1** 0 = mars 2005, 1=décembre 2006
choix résult. **1** 0 = calcul contraintes seules, 1 = contraintes et tassements

Dimensions hors tout du dallage général (zone de stockage)

Tab.2 x_C **6,25** m suivant Ox **LA**
 y_C **5,35** m suivant Oy **LB**

**CALCUL D'UN DALLAGE
SUIVANT LE DTU13.3-1
ANNEXE C (NF P 11-213-1)**

**Touche F9
pour exécuter**

Dimensions du panneau étudié

Tab.3 H **0,11** m épaisseur dallage < 0,15 KO **Hb**
e **0** m épaisseur chape éventuelle
 x_A **0** m coordonnées des deux sommets en diagonale
 y_A **0** m d°
 x_B **6,25** m d°
 y_B **5,35** m d°

Contrainte maximale de traction = 1,23 MPa < 1,55 OK
Déformation maximale = 8,63 mm

âge pour retr.différ. **5 000** sem. valeur conseillée : 5 000 semaines
 f_{c28} **20** MPa résistance du béton **fc**
 $f_{t, fendage}$ **0** MPa si connue, sinon rien ou 0
 D_g **20** mm taille des granulats du béton
v **0,2** coefficient de Poisson du béton **nub**
BA ou non **0** 1=béton armé, 0= béton non armé
d **0** hauteur utile, pour le BA

Tab.4 Si dallage armé

Moment max **2,4786** MNm
 A_s **0,00** cm²/m
 $A_{s,min}$ **4,40** cm²/m
 s_{max} **220** mm
 \varnothing_{max} **7** mm
une nappe centrale

Localisation du dallage

Tab.5 localis. **1** Localisation du dallage : 1, 2, 3 ou 4
gradient **0** °C/m gradient de température (§C.4.3.2.1.5 et § C.4.1.3)
 μ **1,5** coefficient de frottement (0,5 ou 1,5 ou autre valeur) (§C.4.1.1) - Par défaut : 1,5
 L_j **6,6** m distance entre joints de retrait (§C.4.1.1)
 φ **0,5** rapport entre charges extrêmes, à défaut 0,5 (§C.4.1.1)

Pour info, espacement maximal
autorisé des joints (§5.6.6)
6,6 m

Description du support

Tab.6 sable **0** =1 si couche de sable > 20 mm, sinon =0
 n_{cs} **4** nombre (<= 8) de couches de terrain y compris couche de forme éventuelle

Tab.7 h **2,4** **0,7** **3,5** **10** épaisseur
E **6,4** **9,5** **10,9** **43** module d'Young
v **0,35** **0,35** **0,35** **0,35** coeff. Poisson **hs**
Es
nus

Joints conjugués (à ne pas renseigner pour un dallage en BA)

Tab.8 t_{conj} bord 1 bord 2 bord 3 bord 4
0 **0** **0** **0** 1=conjugué, 0=non conjugué
bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

DESCRIPTION DES CHARGES

Voir le schéma des positions des charges fixes et des zones de circulation
des charges mobiles, après avoir entré les données ci-dessous

ncc = nombre de charges **concentrées** fixes autres que les racks ≤ 12

Tab.9 n° cas charge abscisse ordonnée **1 à 4** **tabcc**
1 à **4** **kN**
m
m

Une charge concentrée ne peut être exactement à cheval sur un angle ou un joint, la décaler d'un mm au besoin

ncl = nombre de charges **linéaires**

Tab.10 n° cas charge abs.début ord. début abs.fin ord. fin **1 à 4** **tabcl**
1 à **4** **kN/m**
m
m
m
m

ncr = nombre de charges **réparties**

Tab.11 n° cas charge abs.début ord. début abs.fin ord. fin Q conc. éq. sur carré **1** **2** **20** **0** **0** **6,25** **5,35** **20** **6,32** **1 à 4** **tabcr**
1 **2** **20** **0** **0** **6,25** **5,35** **20** **6,32** **1** à **4** **kN/m²**
m
m
m
m
kN
cm de côté
ncm **tabcm**

= nombre d'ensembles mobiles

0

Tab.12	n° type (*)											voir figure à droite (Ex. 4v)
	abs.début											m
	ord. début											m
	abs.fin											m
	ord. fin											m
	trafic C _t											1 ou 1,2 ou 1,4 (**)
	charge Q1											kN
	charge Q2											kN
	charge Q3											kN
	a											m
	b											m
	c											m
	npas x											nombre de pas de calcul
	npas y											d°

(*) Pour les types 3h et 3v, voir mode d'emploi

(**) : 1,4=trafic intense, 1,2=stockage courant, 1=autres cas (§6.2.1)

Le coefficient de majoration dynamique de 1,15 est appliqué automatiquement

= nombre de racks nr tabrac

Tab.13	type										hor. vert. simple, double (Ex.: 4)
	x _E										m coord. en bas
	y _E										m à gauche
	L										m long.
	H ₁										m larg.
	H ₂										m larg.
	n										nbre travées
	Q										kN charge d'un pied

Cas de charges

Cas n° 1	Charges réparties ou linéaires ou concentrées permanentes de longue durée
Cas n° 2	Charges réparties ou linéaires ou concentrées d'exploitation de longue durée
Cas n° 3	Charges réparties ou linéaires ou concentrées d'exploitation de courte durée
Cas n° 4	Charges complexes permanentes de longue durée (racks)
Cas n° 5	Charges mobiles de courte durée
Cas n° 6	Retrait (longue durée)
Cas n° 7	Température (longue durée)

Nombre de charges concentrées :

- isolées	0	Tab.14
- linéaires équiv.	0	
- réparties équiv.	0	
- racks	0	OK < 250
total	224	OK < 650

Combinaisons d'actions à l'ELS

Tab.15	Cas de charges n°	1	2	3	4	5	6	7	
	coefficient	1	1	0,77	1	1	1	0,5	cofca
	durée	long perm	long expl	court expl	longue	courte	longue	longue	

Courbes tassements :

(voir ci-dessous) :
oui=1 (long), non=0

0

Charge moyenne (autre que le poids propre) calculée par défaut = 20,00 kN/m²

Charge moyenne imposée (sinon 0) 0 kN/m²

Zone de calcul des tassements et des contraintes en partie courantes (les actions en angles ou bords ne sont pas prises en compte)

Tab.17	x	y										
	de	0	0	sommets opposés								
	à	6,25	5,35	d'un rectangle								
	nbre de pas	5	5									
	si nbre de pas=0 : il n'y a pas de calcul en zone courant											

Points où l'on souhaite connaître le tassement et les contraintes en zone courante sous la seule action des charges

x	0	3,1	6,25									
y	0	2,7	5,35									
w	2,80	8,63	2,80									mm
σ _{max}	0,337	-0,666	0,337									MPa
σ _{min}	-0,6751	-0,6807	-0,6751									MPa

RÉSULTATS

Tab.18	durée de combinais.											
	courte	longue										
	E _b	29 859	10 043	MPa	module d'Young du béton							
	D _{eq}	3,241	2,325	m	diamètre d'impact équivalent (§C.3.1.1)							
	K _{deq}	3,244	4,119	MPa/m	module de réaction conventionnel du sol (sur la surface de diamètre D _{eq}) (§C.3.1.1)							

Il est rappelé que le module de Westergaard sous plaque de 75 cm de diamètre doit être au moins de 50 MPa/m (§5.1.2.3)

Traction maximale : -0,681 MPa

Tab.19	ε _r	0,000428	retrait linéaire total = hydraulique (+ variation de t°) (§C.3.2.1.1) temps infini
	ε _r ⁿ	0,000378	retrait différentiel total maximal = hydraulique + gradient de t° (§C.3.2.1.4) à 5000 semaines
			retrait différentiel maxi [§C 3.2.1.4] obtenu à l'âge du béton (en sem.) voisin de 1,8 H ² = 31

Déformations en angles

Tab.20	L _{sa}	0,791	m	longueur de soulèvement en angle (C.3.2.2.1)
	w _{sa}	1,929	mm	flèche ascendante en l'absence de charge (§C.3.2.2.1)
	Q _s	12,518	kN	charge annulant le soulèvement en angle (§C.3.2.2.4)
	w _o	57,178	mm	tassement sous une charge longue durée de 1 MN au point de calcul

		angle 1	angle 2	angle 3	angle 4		
Tab.21	Q_e	3,31	3,31	3,31	3,31	kN	charge équivalente en angle (§C.3.2.2.2)
	w_{ar}	-1,04	-1,04	-1,04	-1,04	mm	soulèvement éventuel (§C.3.2.2.5)
	w_c	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement en cas de non-soulèvement
	w_Q	2,80	2,80	2,80	2,80	mm	tassement dû aux charges générales
	w_{co}	3,94	3,94	3,94	3,94	mm	avec $Q_s = 0$ (§C.3.2.2.5) + charges générales
	w_{max}	3,94	3,94	3,94	3,94	mm	tassement total

angle 1 : en bas à gauche
angle 2 : en bas à droite
angle 3 : en haut à droite
angle 4 : en haut à gauche

Déformations en bordures

Tab.22	L_{sb}	0,791	mm	
	w_{sb}	0,965	mm	flèche ascendante en l'absence de charge (§C.3.2.3.1)
	Q_s	17,741	kN	charge annulant le soulèvement en bordure (§C.3.2.2.4)

		bord 1	bord 2	bord 3	bord 4		
Tab.23	Q_e	0,00	0,00	0,00	0,00	kN	charge équivalente en bordure (§C.3.2.3.2)
	w_{rb}	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	mm	soulèvement éventuel (§C.3.2.3.5)
	w_c	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement en cas de non-soulèvement
	w_{co}	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	avec $Q_s = 0$ (§C.3.2.2.5) + charges générales
	w_{max}	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	tassement total

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

Déformation limite autorisée (§6.1.1 et 6.1.2)

absolue	22,675	mm
relative	$L_2/2000 + 10$ mm	$L_2 =$ distance entre les deux points considérés

Déformations maximales en zone courante

Tab.24	w_{max}	8,477	mm
	en x =	2,500	m
	et y =	2,140	m

Contraintes limites de traction du béton

1,55	MPa	(§6.1.5)
------	-----	----------

A titre indicatif, contraintes maxi par formules enveloppes DTU	
- sous charges réparties (§C.4.1.6)	1,877 MPa
- sous charges linéaires (§C.4.1.7)	0,000 MPa

Contraintes extrêmes en parties courantes sous charges seules (traction < 0)

Tab.25	σ_{max}	0,337	MPa
	en x =	0,000	m
	et y =	5,350	m
	σ_{min}	-1,105	MPa (traction < 0)
	en x =	2,500	m
	et y =	4,280	m

Retrait et température en partie courante

contraintes dues à :	Tab.26	
retrait linéaire	-0,124	MPa §C.4.1.1
gradient thermique	0,000	MPa §C.4.1.3
total	-0,124	MPa

Contraintes en angles (§C.4.2.3) (traction < 0)

		angle 1	angle 2	angle 3	angle 4		
Tab.27	si $Q_e \leq Q_s$	-0,82	-0,82	-0,82	-0,82	MPa	l'angle reste soulevé (traction < 0)
	si $Q_e > Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	l'angle vient en contact avec le support

angle 1 : en bas à gauche
angle 2 : en bas à droite
angle 3 : en haut à droite
angle 4 : en haut à gauche

Contraintes en bordures (§C.4.2.4) (traction < 0)

		bord 1	bord 2	bord 3	bord 4		
Tab.28	si $Q_e \leq Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	la bordure reste soulevée
	si $Q_e > Q_s$	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	la bordure vient en contact avec le support
	σ_{bt}	0,00	0,00	0,00	0,00	MPa	fissure perpendiculaire au bord

bord 1 : en bas
bord 2 : en haut
bord 3 : à gauche
bord 4 : à droite

Contrainte maximale totale de traction (compris retrait)

Tab.29	en partie courante :	-1,229	MPa	< 1,55 OK		8,63	mm
	en bordure :	-0,124	MPa	< 1,55 OK	0,96	mm	0,00
	en angle :	-0,821	MPa	< 1,55 OK	1,04	mm	3,94
	maximale :	-1,229	MPa	< 1,55 OK	1,04	mm	8,63

Soulèvement max

Tassement maximal