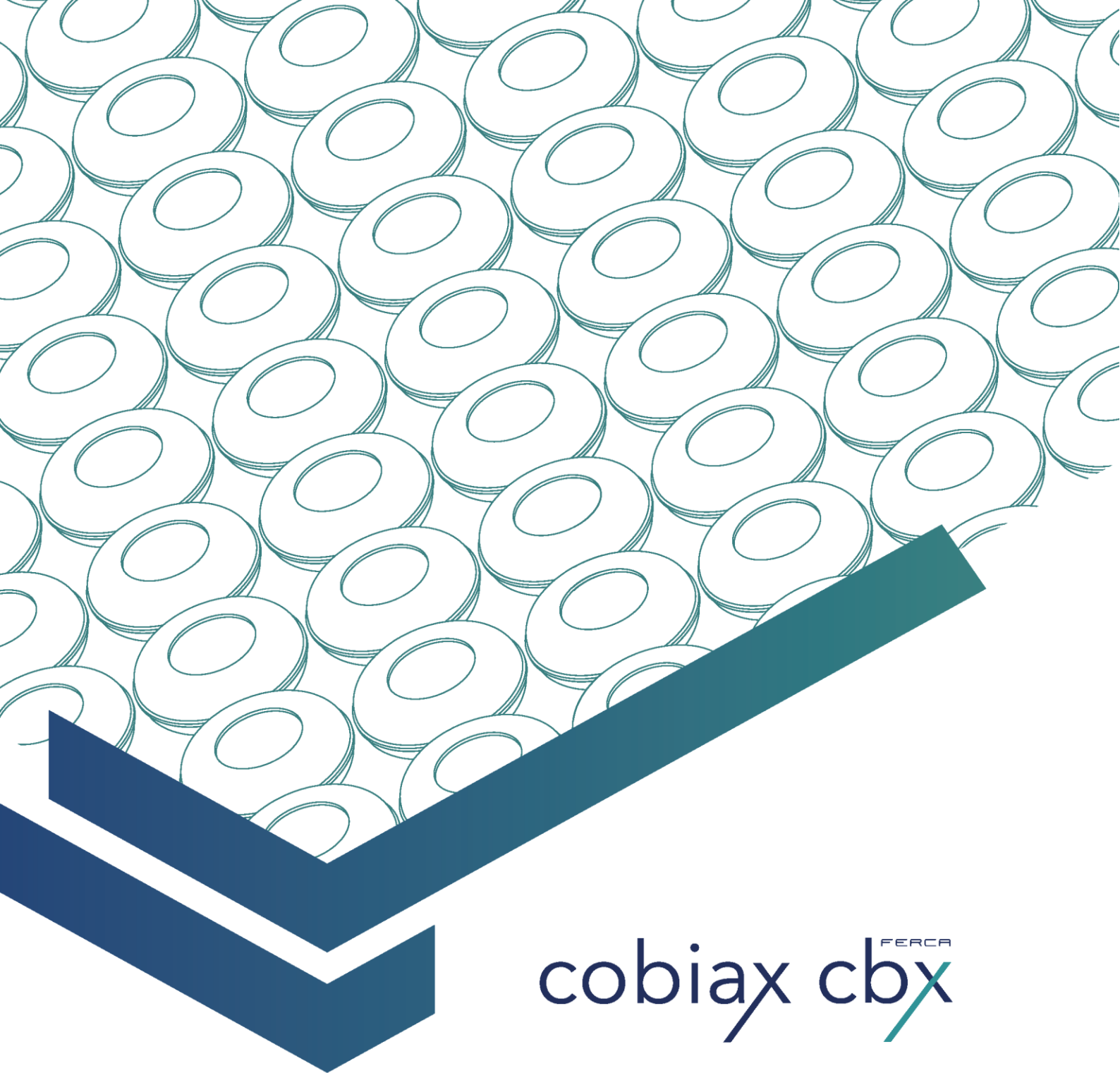




cobiax cbx^{FERCA}

MANUEL
TECHNIQUE





cobiax cbx^{FERCA}





Manuel Technique – Système COBIAX CBX

Sommaire

INTRODUCTION AU SYSTÈME COBIAX CBX.....	4
POURQUOI UTILISER LE SYSTÈME COBIAX CBX.....	5
DALLE COBIAX CBX <i>VERSUS</i> DALLE PLEINE.....	5
DALLE COBIAX CBX <i>VERSUS</i> DALLE ALLÉGÉE.....	5
IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	5
SPÉCIFICITÉS DU SYSTÈME COBIAX CBX.....	6
CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME COBIAX CBX.....	7
PARAMÈTRES PRINCIPAUX DES DALLES COBIAX CBX.....	8
CONFIGURATION DE LA SECTION DE DALLE.....	9
CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES DU SYSTÈME COBIAX CBX.....	10
RÉSISTANCE À LA FLEXION.....	10
RIGIDITÉ.....	10
CISAILLEMENT.....	11
POINÇONNEMENT.....	14
JOINT DE REPRISE.....	16
ARMATURES MINIMALES.....	16
EFFORTS HORIZONTAUX.....	17
PROTECTION CONTRE L'INCENDIE.....	19
ISOLATION ACOUSTIQUE.....	24
ISOLATION THERMIQUE.....	24
CONTRÔLE THERMIQUE.....	25
PRÉCONTRAINTÉ.....	26
ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS.....	26
DURABILITÉ.....	27
CAS D'ÉTUDE.....	27
PROCESSUS DE CALCUL D'UNE DALLE COBIAX CBX.....	29
ÉTAPE 1 - HYPOTHÈSES, DONNÉES INITIALES ET PARAMÈTRES COBIAX CBX.....	29
ÉTAPE 2 - MODÈLE DE CHARGE PERMANENTE SUPPLÉMENTAIRE.....	30
ÉTAPE 3 - MODIFICATION DE L'INERTIE DE LA DALLE.....	30
ÉTAPE 4 - CRITÈRE DE RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT ET IDENTIFICATION DE LA ZONE PLEINE.....	31
ÉTAPE 5 - AFFINEMENT DU CAS DE RÉDUCTION DE CHARGE.....	32
ÉTAPE 6 - VÉRIFICATION ET DÉTAILLAGE DE LA SECTION DE DALLE.....	33
DÉTAILLAGE.....	34



PLANS D'IMPLANTATION/GÉOMÉTRIE	34
INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES.....	36
MONTAGE D'UNE DALLE COBIAX CBX.....	36



INTRODUCTION AU SYSTÈME COBIAX CBX

Le système **COBIAX CBX** repose sur des principes de rationalisation économique et environnementale permettant l'exécution de dalles allégées bidirectionnelles au comportement similaire à une dalle pleine traditionnelle. L'introduction d'un vide de forme ellipsoïdale dans la zone où le béton n'est pas essentiel du point de vue du comportement global de la dalle permet une optimisation de l'épaisseur de la dalle, l'amélioration de son comportement et une efficacité accrue dans l'utilisation des ressources.

Dans un contexte où la durabilité des ressources naturelles revêt une importance croissante, l'utilisation de matériaux recyclés pour la constitution des vides et la réduction des besoins en béton permettent au système **COBIAX CBX** de promouvoir à lui seul une structure à moindre impact environnemental et une réduction significative des émissions de CO₂ inhérentes au processus constructif.

La technologie **COBIAX CBX** est d'origine suisse et est déjà largement diffusée sur les marchés d'Europe centrale, où elle trouve application depuis 2004. Issue d'un travail de recherche ultérieurement soumis à un programme rigoureux de tests et d'essais, elle a obtenu l'« Approbation Technique Nationale » (National Technical Approval) de l'Institut Allemand de Technologie de la Construction (DIBt) et est brevetée à l'international.

Prix décerné par le Swiss Federal Office for the Environment à **COBIAX CBX Technologies AG** dans le domaine de l'innovation technique environnementale



La technologie de dalle **COBIAX CBX** détient le numéro d'enregistrement « National Technical Approval » Z-15.1-307, émis par l'Institut Allemand de Technologie de la Construction (DIBt)

Deutsches
Institut
für
Bautechnik



La technologie de dalle **COBIAX CBX** dispose d'une déclaration environnementale du produit





POURQUOI UTILISER LE SYSTÈME COBIAX CBX

Le système **COBIAX CBX** se présente comme une solution qui réunit les avantages d'une dalle allégée et d'une dalle pleine, permettant la réduction des consommations et les économies issues de l'allègement, tout en maintenant pratiquement inchangées les caractéristiques et le comportement de la dalle par rapport à une dalle pleine.

DALLE **COBIAX CBX** VERSUS DALLE PLEINE

Par comparaison avec une dalle pleine, l'application du système permet à une dalle **COBIAX CBX** de présenter une réduction de poids propre dans la zone allégée jusqu'à 32 % et une réduction de l'inertie de la dalle de seulement 7 à 12 %, ce qui entraîne naturellement une amélioration de son comportement en termes de déformabilité, une réduction des niveaux d'armature nécessaires et une réduction significative des effets de retrait, ainsi que la réduction de masse consécutive ayant un impact sur le comportement sismique, les éléments verticaux et les fondations.

Simultanément, la dalle **COBIAX CBX** permet de conserver les avantages d'un processus plus rapide, analogue à l'exécution d'une dalle pleine, tout en maintenant les caractéristiques relatives à la résistance au feu, au comportement thermique et acoustique.

DALLE **COBIAX CBX** VERSUS DALLE ALLÉGÉE

Les dalles allégées conventionnelles font généralement appel à un système de nervures bidirectionnelles qui offrent une réduction significative du poids propre de la dalle par rapport à la dalle pleine nécessaire pour la même enveloppe. Cependant, la réduction d'inertie de ces dalles, due au fonctionnement par l'intermédiaire d'une section en « T », est de l'ordre des 2/3, engendrant des dalles de plus grande épaisseur et des processus constructifs plus complexes, lents et coûteux.

En comparaison directe, la dalle **COBIAX CBX** permet la réduction des épaisseurs, l'amélioration du comportement, l'aspect final d'une dalle pleine et l'exécution selon des processus plus simples et plus rapides.

IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Les coffrages perdus des vides étant constitués à 100 % de matériau recyclé et promouvant simultanément la réduction de la consommation de béton, le système **COBIAX CBX** contribue ainsi activement à une meilleure utilisation des ressources naturelles et à une réduction des émissions de CO₂ inhérentes au processus constructif.

En résumé, le système **COBIAX CBX** se présente comme une alternative aux systèmes conventionnels présentant des avantages qui doivent être dûment pondérés en fonction des conditions spécifiques de chaque dalle, compte tenu de l'impact sur la solution globale du bâtiment d'un point de vue technique et économique.



SPÉCIFICITÉS DU SYSTÈME COBIAX CBX

Les dalles **COBIAX CBX** présentent essentiellement trois caractéristiques qui les distinguent des dalles pleines et qui doivent être prises en compte dans le processus de calcul et de détaillage.

Poids propre réduit en raison de la présence des vides, entraînant des efforts moindres dans la dalle et dans les éléments verticaux. Dans la zone allégée, la réduction peut atteindre 32 %.

Inertie de la dalle réduite d'environ 7 à 12 %, en raison de la présence des vides, mais largement compensée par la réduction de poids en termes de comportement de la dalle.

Résistance au cisaillement réduite dans la zone allégée en raison de la présence des vides. Cette réduction se traduit par des valeurs de 50 à 45 % de l'effort tranchant de la dalle pleine correspondante, en fonction de l'épaisseur du **COBIAX CBX**.

En tenant compte de ces trois aspects dans la conception structurelle de la solution, la dalle **COBIAX CBX** devra respecter les autres critères et le détaillage d'une dalle pleine, avec inclusion de zones non allégées où l'effort tranchant ne dépasse pas les niveaux admis précédemment.

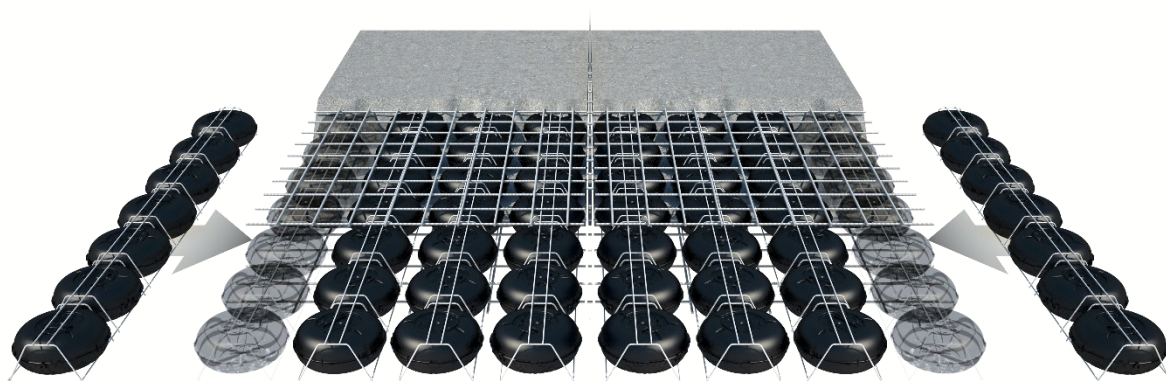


Figure 1- Dalle COBIAX CBX



CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME COBIAX CBX

La gamme de solutions **COBIAX CBX** est composée génériquement d'une ligne dénommée Slim-Line, dans laquelle les vides sont constitués de formes ellipsoïdales de différentes hauteurs, destinées à différentes épaisseurs de dalles.

Les modules de compartiment Slim-Line de **COBIAX CBX**, désignés S-xxx, où xxx identifie la hauteur du vide en mm.

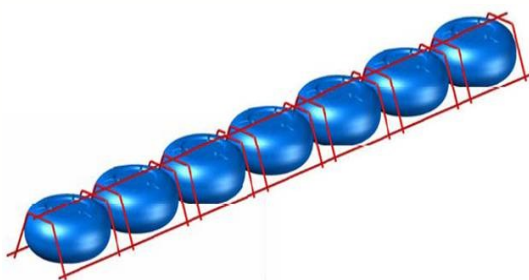


Figure 2- Treillis COBIAX CBX

Composé de vides de hauteur variable entre 100 mm et 260 mm pour des dalles d'épaisseurs de 200 mm à 400 mm

$H = 0.20m \text{ a } 0.40m$

Dans les deux cas, le système est composé du coffrage perdu du vide et des treillis qui les contiennent et servent simultanément de support aux armatures supérieures de la dalle. Ces treillis mesurent environ 2,50 m et incorporent un nombre variable de vides.





PARAMÈTRES PRINCIPAUX DES DALLES COBIAX CBX

Le tableau suivant incorpore toutes les données nécessaires à la bonne intégration des dalles COBIAX CBX pour les besoins de calcul, de détaillage et de quantification.

cobiax cbx FERCA	200	225	250	275	300	325	350	375	400
	S-100	S-120	S-140	S-160	S-180	S-200	S-220	S-240	S-260
Réduction de Charge [kN/m ²]	-1.40	-1.64	-1.88	-2.10	-2.32	-2.56	-2.80	-3.10	-3.37
Facteur de Correction de l'Inertie [-]	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.89	0.88
Facteur de Réduction au Cisaillement [-]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45
Hauteur du Support (A) [mm]	110	130	150	170	190	210	230	250	270
Hauteur du Vide (B) [mm]	100	120	140	160	180	200	220	240	260
Nbre de Vides [un/m ²]	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16
Volume du Vide [m ³ /m ²]	0.056	0.066	0.075	0.084	0.093	0.102	0.112	0.124	0.135
Réduction de CO ₂ [ton/m ²]	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022	0.023	0.026	0.028
Dist. entre Vides (C) [mm]	350	350	350	350	350	350	350	350	350

Tableau 1 – Paramètres principaux pour le calcul et la quantification du système COBIAX CBX.

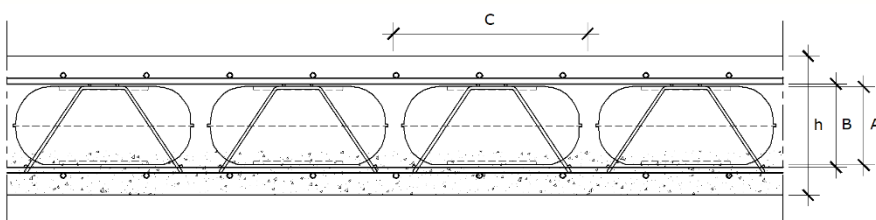


Figure 3 – Section type d'une dalle COBIAX CBX



CONFIGURATION DE LA SECTION DE DALLE

Le système COBIAX CBX comprend le treillis de support sur lequel se trouvent les coffrages perdus des vides et qui doit être posé directement sur l'armature inférieure, servant simultanément d'appui à l'armature supérieure. L'ordre de montage des armatures et des supports COBIAX CBX devra donc tenir compte du fait que la première couche d'armature sera toujours parallèle à ceux-ci.

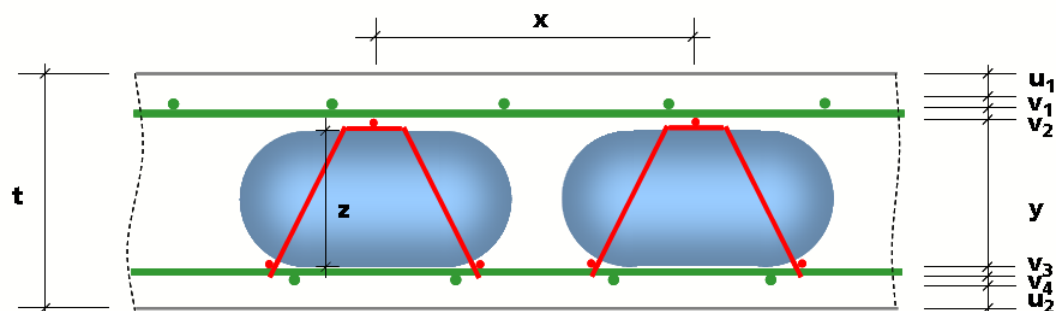


Figure 4 - Section type Slim-Line

z: hauteur du vide COBIAX CBX;

y: hauteur du support

x: espacement entre vides;

v₁, v₂, v₃ et v₄: diamètre des armatures;

u₁ et u₂: enrobage supérieur et inférieur,

Une vérification importante à réaliser lors du processus de détaillage de la dalle COBIAX CBX concerne la composition et l'épaisseur finale de celle-ci, en tenant compte des enrobages définis, du diamètre des barres sélectionnées et de la dimension du vide COBIAX CBX en fonction de l'épaisseur définie dans le calcul (h).

$$t = u_1 + u_2 + v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + y + \text{tolérance de construction de 5-10 mm} < h$$

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES DU SYSTÈME COBIAX CBX

Dans le présent chapitre, on décrit les caractéristiques techniques associées au système COBIAX CBX et leurs contraintes dans le cadre de la conception.

RÉSISTANCE À LA FLEXION

Le comportement à la flexion des dalles COBIAX CBX a fait l'objet de recherches et de tests en laboratoire pour les différentes épaisseurs et configurations de dalles possibles, ayant permis de vérifier que ses performances sont, dans les situations courantes, identiques à celles d'une dalle pleine.

En pratique, le niveau des efforts d'une dalle est limité par des critères de déformabilité et le niveau de contraintes dans les différents codes et règlements, qui engendrent des positions de la fibre neutre au-dessus du vide COBIAX CBX, quelque part dans la semelle comprimée créée entre celui-ci et le bord de la dalle.

Ainsi, une dalle COBIAX CBX peut être conçue et dimensionnée comme une dalle pleine de même épaisseur après l'obtention des efforts respectifs selon le processus déjà identifié précédemment ; c'est pourquoi le moment résistant d'une dalle COBIAX CBX est identique à celui d'une dalle pleine de même épaisseur.

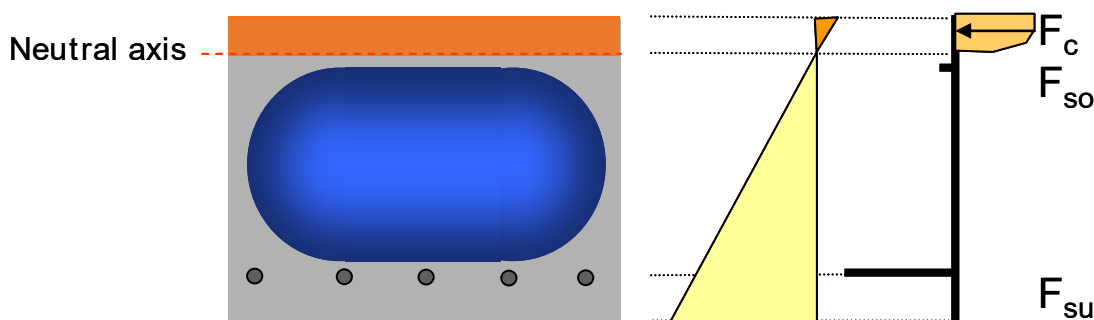


Figure 5 – Position de la fibre neutre au-dessus du vide dans la semelle comprimée.

Dans des cas spécifiques avec des charges élevées, il convient de déterminer la position de la fibre neutre. Cependant, la pratique démontre que les critères de déformabilité et les limitations à la quantité d'armature empêchent que la fibre neutre se positionne en dehors de la semelle comprimée.

RIGIDITÉ

L'une des caractéristiques de ce système est la réduction de l'inertie de la section par rapport à une dalle pleine de même épaisseur, qui résulte de la diminution de la section provoquée par l'introduction du vide.

L'introduction du système COBIAX CBX dans les dalles réduit, comme mentionné précédemment, l'inertie de la dalle à des niveaux variant entre 7 et 12 % par rapport aux dalles pleines de même épaisseur, ce qui s'exprime par le facteur de correction indiqué dans le Tableau 2 pour certaines configurations.

Les facteurs de correction de la rigidité représentent les rapports du calcul tridimensionnel du moment d'inertie (I_{CB}) pour les dalles COBIAX CBX (en tenant compte des vides et en assumant leur positionnement) et le moment d'inertie d'une dalle pleine (I), le calcul des valeurs étant basé sur les sections non fissurées. Le tableau ci-dessous fournit les facteurs de correction d'inertie (I_{CB} / I) pour différentes configurations de vides COBIAX CBX et épaisseurs de dalles, en plus de ceux indiqués précédemment dans le Tableau 2.



COBIAX CBX		S-100	
Épaisseur de dalle [cm]	20	21	22
I_{CB} / I	0.93	0.94	0.95
COBIAX CBX		S-120	
Épaisseur de dalle [cm]	23	24	25
I_{CB} / I	0.93	0.94	0.94
COBIAX CBX		S-140	
Épaisseur de dalle [cm]	25	26	27
I_{CB} / I	0.92	0.93	0.94
COBIAX CBX		S-160	
Épaisseur de dalle [cm]	28	29	30
I_{CB} / I	0.92	0.92	0.93
COBIAX CBX		S-180	
Épaisseur de dalle [cm]	30	31	32
I_{CB} / I	0.91	0.92	0.93
COBIAX CBX		S-200	
Épaisseur de dalle [cm]	32	33	34
I_{CB} / I	0.91	0.91	0.92
COBIAX CBX		S-220	
Épaisseur de dalle [cm]	35	36	37
I_{CB} / I	0.91	0.92	0.92
COBIAX CBX		S-240	
Épaisseur de dalle [cm]	38	39	40
I_{CB} / I	0.89	0.90	0.90
COBIAX CBX		S-260	
Épaisseur de dalle [cm]	40	41	42
I_{CB} / I	0.88	0.89	0.90

Tableau 2- Facteurs de correction de rigidité du système COBIAX CBX.

CISAILLEMENT

APPROCHE THEORIQUE SUR L'EFFORT TRANCHANT

Le calcul de l'effort tranchant pour les dalles allégées traditionnelles doit se baser sur la plus petite largeur disponible de la section. Or, en utilisant ce critère dans les dalles COBIAX CBX, il en résulterait un effort tranchant d'environ 10% de l'effort tranchant d'une dalle pleine de même épaisseur. Cependant, pour la dalle COBIAX CBX, la plus petite largeur d'une section n'est présente qu'en un seul point, c'est-à-dire directement entre deux vides, car même à de faibles distances d'écartement de ce point dans les trois directions, la largeur de section disponible augmente rapidement.

Les tests réalisés en laboratoire ont démontré une résistance au cisaillement bien supérieure pour les dalles COBIAX CBX par rapport à la valeur mentionnée ci-dessus, et c'est sur la base de ces résultats qu'est présentée l'approche développée pour la détermination de la capacité maximale de cisaillement des dalles incorporant le système COBIAX CBX.

Cette approche a été approuvée sous le numéro d'enregistrement Z-15.1-307 de "l'Approbation Technique Nationale", émis par l'Institut Allemand de Technologie de la Construction (DIBt).

En règle générale, le concept d'effort tranchant dans les éléments en béton non armés à cet effet repose sur la somme de plusieurs mécanismes de support et de contribution:

La résistance au cisaillement de la zone de compression sans fissures $V_{c,comp}$

Frottement interne des granulats le long de la surface de cisaillement $V_{c,cr}$

Résistance au cisaillement conférée par les armatures de flexion $V_{c,D}$

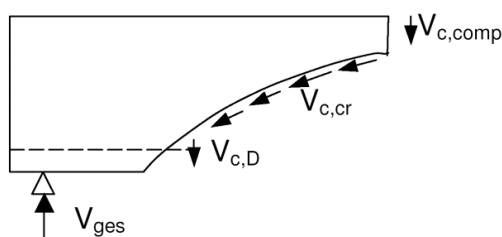


Figure 6 - Effort Tranchant dans la Dalle Pleine

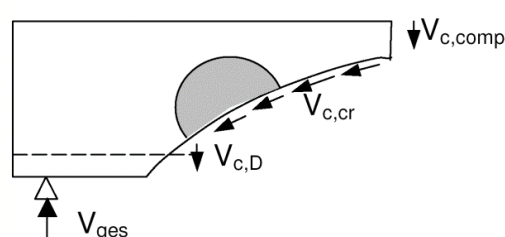


Figure 7 - Effort Tranchant dans la Dalle COBIAX

Dans le cas de la dalle COBIAX CBX, la contribution du frottement interne des granulats est réduite en raison de la présence des vides (voir Figure 3) ; par conséquent, la résistance au cisaillement d'une dalle COBIAX CBX est effectivement moindre et doit être considérée en conformité. La résistance au cisaillement des zones de compression et la contribution des armatures de flexion demeurent, cependant, inchangées.

La proportion de la contribution de ces trois facteurs à la résistance globale au cisaillement est inconnue et les données dans la littérature existante ne font pas consensus ; c'est pourquoi on choisit de considérer nulle la contribution du frottement interne, $V_{c,cr} = 0$. En conséquence, la surface en béton de contribution effective dans la section pertinente (voir figures à la page suivante) sera considérée à la place de la plus petite largeur disponible de la section.

La section pertinente n'est pas positionnée verticalement, mais conformément à une inclinaison comprise entre 30° et 45°, qui est l'intervalle habituel des surfaces de cisaillement.

Une analyse géométrique permet donc de conclure que la valeur de dimensionnement de la force maximale admissible de cisaillement pour une dalle COBIAX CBX est assurément supérieure à 50 % pour les COBIAX CBX.

Avec ces facteurs de réduction, la force maximale de cisaillement admissible V_c pour la dalle COBIAX CBX peut être calculée conformément aux formules suivantes.

Slim-Line S-100 ao S-180: $V_{c,COBIAX CBX} = 0,50 \times V_c$

Slim-Line S-200 ao S-260: $V_{c,COBIAX CBX} = 0,45 \times V_c$

Par conséquent, les zones dans une dalle COBIAX CBX pour lesquelles $V_{c,COBIAX CBX}$ est dépassé en raison d'une forte concentration d'efforts tranchants doivent être exécutées sans incorporation de vides, devenant ainsi des zones pleines avec la section intégrale en béton.

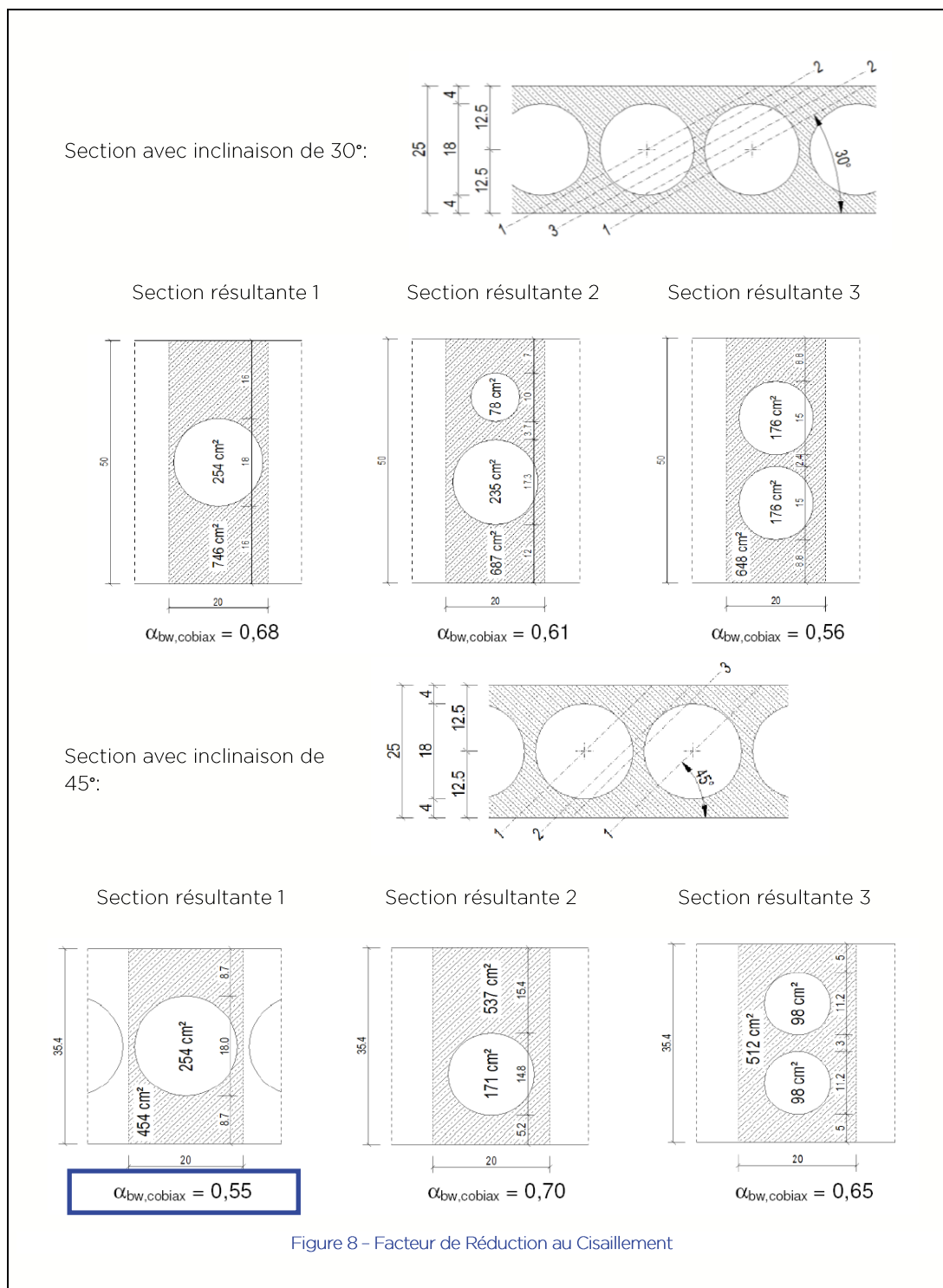
Les valeurs mentionnées ci-dessus ont été confirmées empiriquement par une série de tests en laboratoire pour une grande combinaison de configurations et de sollicitations.

Dans les considérations précédentes et dans les essais réalisés, les barres du treillis de positionnement, qui agissent naturellement comme un renforcement au cisaillement dans toute la dalle, n'ont pas été prises en compte. Cependant, il a été constaté ultérieurement, lors de nouveaux essais, que dans le cas du COBIAX CBX, cette



contribution permet un accroissement de la résistance au cisaillement jusqu'à 66 %. Ces données ne sont toutefois pas prises en compte dans les hypothèses de dimensionnement d'une dalle **COBIAX CBX** tel que décrit dans les chapitres précédents, fonctionnant ainsi comme une garantie supplémentaire de la sécurité des dalles **COBIAX CBX**.

ANALYSE GEOMETRIQUE DU FACTEUR DE REDUCTION AU CISAILLEMENT



POINÇONNEMENT

En raison des limitations en termes d'efforts de cisaillement, les zones avec une forte concentration de forces de cisaillement, telles que les abords des poteaux dans les dalles champignons, doivent être exécutées sans incorporation de vides **COBIAX CBX**. Le périmètre critique de poinçonnement devra se trouver dans la zone pleine de la dalle.

Les considérations sur le cisaillement et le poinçonnement dans ces zones sont identiques à celles prises en compte pour les dalles pleines courantes. Il est fortement recommandé de vérifier catégoriquement que le périmètre de détermination pour le poinçonnement est situé à l'intérieur de la zone pleine, comme présenté dans le dessin ci-dessous.

Il convient de noter également que la réduction de poids propre inhérente à l'application du système **COBIAX CBX** réduit effectivement les contraintes liées aux efforts de poinçonnement, permettant la réduction des armatures spécifiques à cet effet.

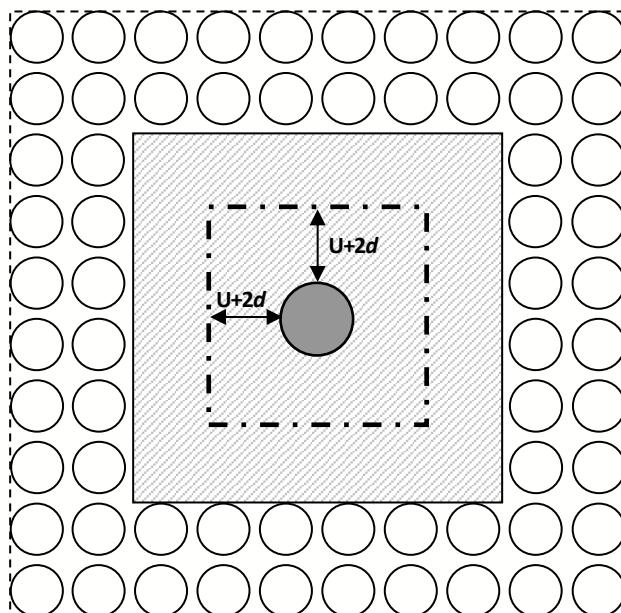


Figure 9 – Périmètre de Contrôle

Pour les charges concentrées, une vérification ponctuelle du poinçonnement peut être exigée, pouvant même se produire sur la coupole du vide. Les tests réalisés pour l'analyse de ce type de sollicitation démontrent que pour des charges concentrées avec une aire d'implantation de 5×5 cm, $7,5 \times 7,5$ cm, 10×10 cm et différents enrobages en béton sur le vide, on obtient une charge de rupture maximale respective présentée dans le Tableau 3, selon la classe de béton utilisée.

Il faut souligner que ces tests ont considéré une valeur limite de 75 kN. Pour des charges concentrées supérieures, il est recommandé de laisser la dalle localement pleine.



Charge de rupture [kN]				
Aire d'implantation, a _{load}		5 x 5 cm	7,5 x 7,5 cm	10 x 10 cm
Enrobage [cm]		5	8	10
Module COBIAX CBX	Classe de béton			
S-100	C25/30	23.6	55.9	75.0
	C30/37	26.6	63.1	75.0
	C35/45	29.5	69.9	75.0
S-120	C25/30	24.5	58.8	75.0
	C30/37	27.7	66.4	75.0
	C35/45	30.7	73.6	75.0
S-140	C25/30	25.8	52.5	75.0
	C30/37	29.1	70.2	75.0
	C35/45	32.3	75.0	75.0
S-160	C25/30	27.4	66.0	75.0
	C30/37	30.9	74.5	75.0
	C35/45	34.3	75.0	75.0
S-180	C25/30	29.3	70.2	75.0
	C30/37	33.1	75.0	75.0
	C35/45	36.7	75.0	75.0
S-200	C25/30	31.6	75.0	75.0
	C30/37	35.7	75.0	75.0
	C35/45	39.6	75.0	75.0
S-220	C25/30	34.3	75.0	75.0
	C30/37	38.8	75.0	75.0
	C35/45	42.9	75.0	75.0

Tableau 3- Charge de rupture pour charges concentrées.

JOINT DE REPRISE

Lors du bétonnage en deux phases d'une dalle COBIAX CBX, un joint horizontal est créé. Si l'intervalle de temps entre les deux phases de bétonnage est suffisant pour que la première couche soit entièrement durcie, le bétonnage de la deuxième couche doit être considéré comme un joint froid de bétonnage. Cependant, les armatures des treillis COBIAX CBX présentes dans la dalle jouent un rôle d'ancrage et confèrent une armature de cisaillement suffisante pour la vérification du joint.

La première phase de bétonnage doit garantir une zone d'intégration d'au minimum 20 mm.

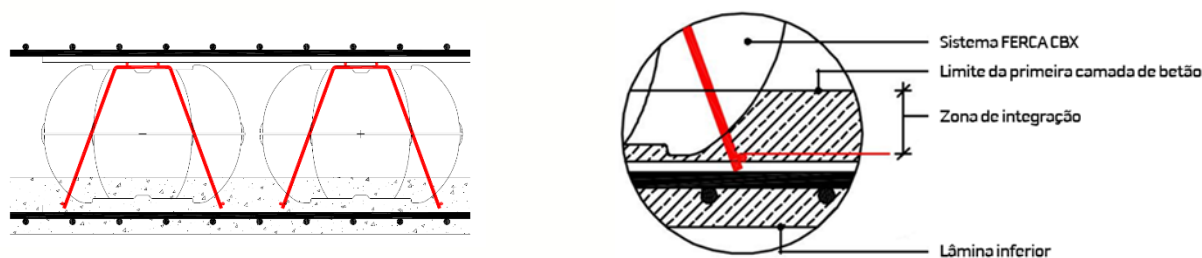


Figure 10 – Joint de reprise

ARMATURES MINIMALES

Le contrôle de la fissuration est réalisé conformément aux normes et règlements en vigueur. Afin de simplifier la procédure, la section transversale complète peut être utilisée pour les vérifications nécessaires. Uniquement pour la détermination de l'armature minimale dans le contrôle de la fissuration, il convient de prendre en compte la section transversale structurale avec le vide, pour une considération plus rigoureuse et précise. Il est alors possible de recourir à une épaisseur équivalente de dalle pour le calcul.

L'épaisseur équivalente est donnée par l'expression suivante :

$$h_{d,eq} = h_d - h_{CBX}$$

h_d étant l'épaisseur de dalle et h_{CBX} le volume correspondant au vide COBIAX CBX considéré.

L'accroissement de capacité dû à l'existence de zones pleines dans un pourcentage de la dalle doit être pris en compte dans la détermination de l'armature minimale.

Aires de la section en béton									
Épaisseur de dalle (m)	0,200	0,225	0,250	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400
COBIAX CBX	100	120	140	160	180	200	220	240	260
Avide (m²)	0,0302	0,0357	0,0412	0,0463	0,0514	0,0568	0,0622	0,0675	0,0728
Abéton (m²/ml)	0,1137	0,1230	0,1323	0,1427	0,1531	0,1627	0,1723	0,1821	0,1920

Tableau 4- Aires de la section en béton.



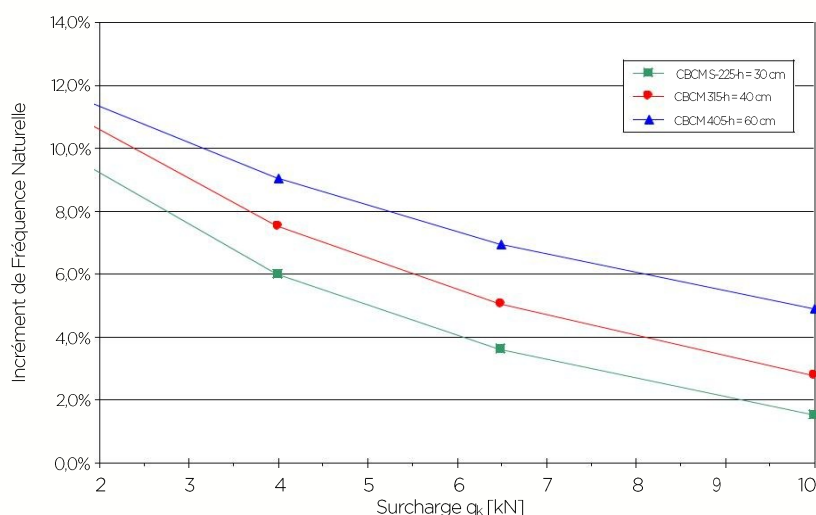
EFFORTS HORIZONTAUX

Les propriétés dynamiques d'une construction et son comportement face à un séisme ou à d'autres types de charges horizontales doivent être évalués individuellement, projet par projet, avec les méthodes de vérification recommandées par les codes respectifs. Cependant, l'importance que la masse du bâtiment, et en particulier celle des dalles, revêt notamment en amplifiant les effets de ce type d'actions est bien connue ; c'est pourquoi la réduction de charge permanente apportée par la présence des vides à l'intérieur de la dalle a un effet bénéfique sur le comportement des structures.

Pour certaines exigences d'utilisation d'une structure, le comportement modal de la structure devient pertinent et important.

Lors d'une recherche théorique approfondie, il a été démontré que la fréquence naturelle d'une dalle allégée **COBIAX CBX** présente un comportement modal supérieur par rapport à une dalle pleine de même épaisseur, pouvant présenter une fréquence naturelle jusqu'à 12 % supérieure à celle d'une dalle pleine conventionnelle.

Cela démontre qu'une dalle **COBIAX CBX** présente de meilleures performances pour les modes de vibration, puisqu'elle possède des fréquences naturelles plus élevées pour les charges courantes.



[Source: Wolski, L; Natural frequency of Cobiax flat slabs, Hochschule Bochum, 2006]

Ce graphique montre l'accroissement de fréquence naturelle par rapport à une dalle pleine de même épaisseur, en fonction de la surcharge agissant sur la dalle. À mesure que la surcharge augmente, les performances de la dalle allégée se rapprochent du comportement d'une dalle pleine.



En ce qui concerne la transmission des efforts normaux dans le plan de la dalle, la dalle **COBIAX CBX**, malgré la présence des vides, continue de fonctionner comme un plateau rigide capable de transférer les charges horizontales dues au vent, à l'inclinaison de la construction, aux séismes et aux variations de température vers les appuis.

Dans leur dimensionnement, les lames en béton supérieure et inférieure de la dalle **COBIAX CBX** peuvent être considérées comme des sections rectangulaires équivalentes afin de simplifier le calcul et d'être dimensionnées pour les forces axiales. Pour des forces élevées, dans le cas de dalles post-contraintes dépassant la capacité de la section équivalente, il est recommandé de prévoir des bandes pleines sur ces alignements.

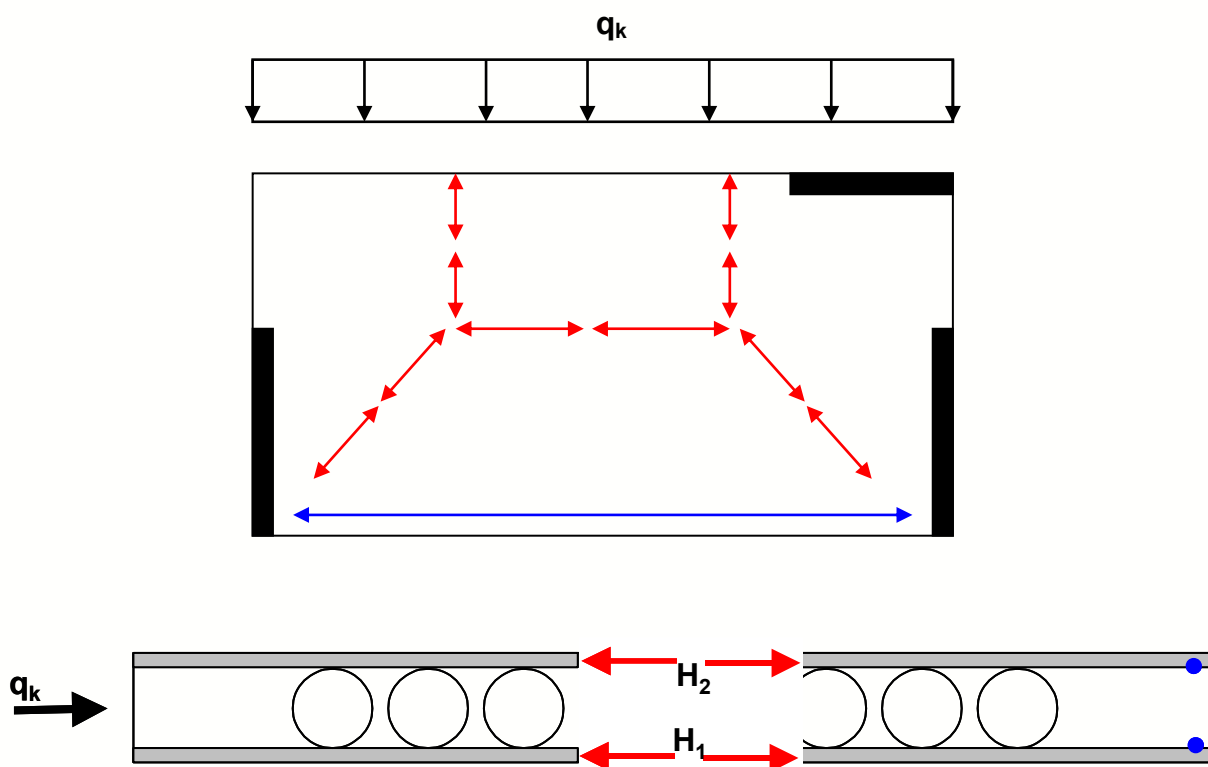


Figure 11 – Effet Diaphragme

PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

Indépendamment du code ou règlement utilisé, le paramètre pertinent pour les critères de dimensionnement qui orientent la classification de résistance au feu des dalles en béton est l'enrobage en béton entre la surface exposée de la dalle et la première couche d'armature.

Les tests de résistance au feu en laboratoires spécialisés avec des éprouvettes de dalle ont démontré que le paramètre et le critère utilisés pour les dalles pleines doivent être appliqués sans aucune limitation pour les dalles **COBIAX CBX**, et que ces dernières peuvent résister au feu de la même façon que les dalles pleines.

Il est à noter que la propagation de chaleur enregistrée lors des tests de résistance au feu des éprouvettes de dalle **COBIAX CBX** est identique à celle enregistrée dans les dalles pleines. Il a également été constaté que les vides présents dans une dalle **COBIAX CBX** ont un effet retardateur sur le processus de fragmentation de la surface en béton exposée, car les vides absorbent la concentration de pression de vapeur interne (provenant de l'humidité du béton) qui se produit dans le béton et qui, autrement, presserait immédiatement le béton dans l'enrobage de la dalle. Cependant, ce bénéfice n'est pas quantifiable.

En cas d'exposition à un feu direct, les coffrages **COBIAX CBX** (fabriqués en HD-PE ou PP) se décomposeraient en H_2O et CO_2 , qui ne sont pas nocifs.

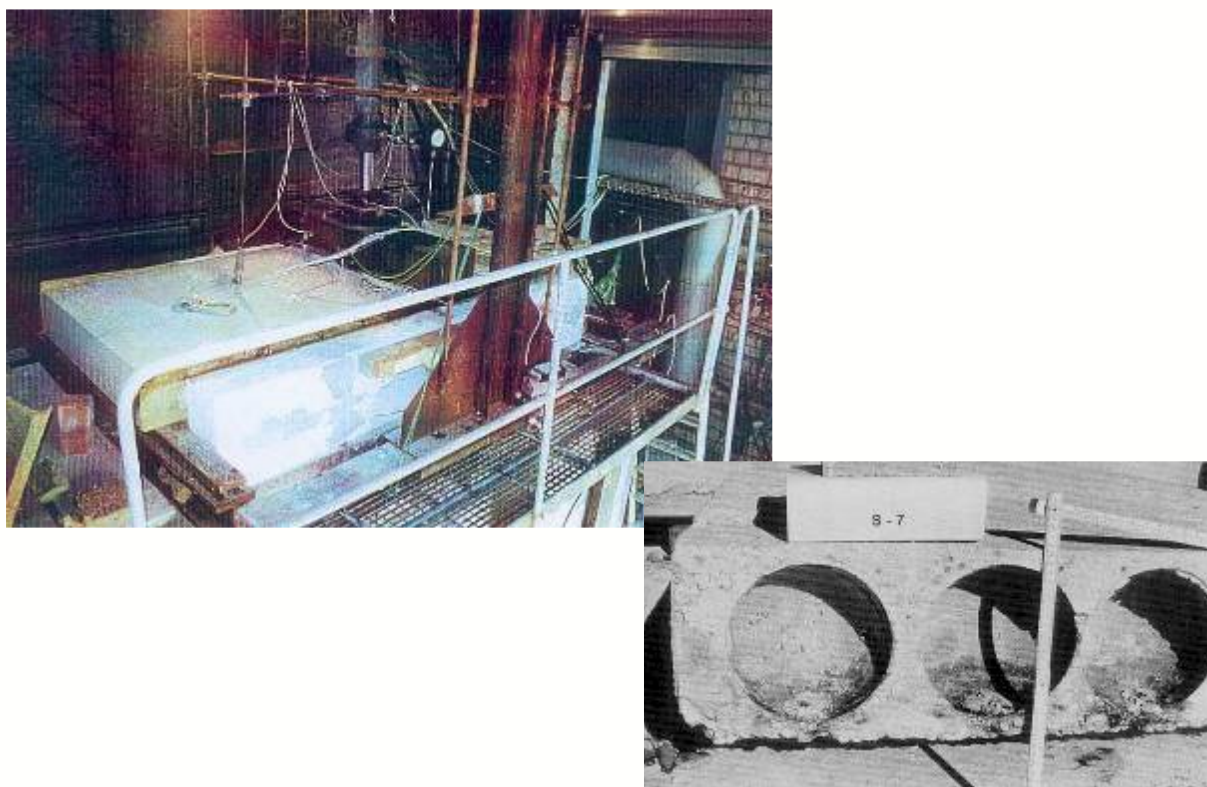


Figure 12 – Essais au Feu



Lors de l'analyse de la dalle, il est essentiel de vérifier l'adéquation des distances présentes dans le système COBIAX CBX : la distance à l'axe de la première couche d'armature (a_{HK}) et la dimension de la lame de la dalle ($d_{2,HK}$). Des études et essais ont démontré que l'adéquation de ces deux valeurs produit un comportement thermique des armatures similaire à celui d'une dalle pleine.

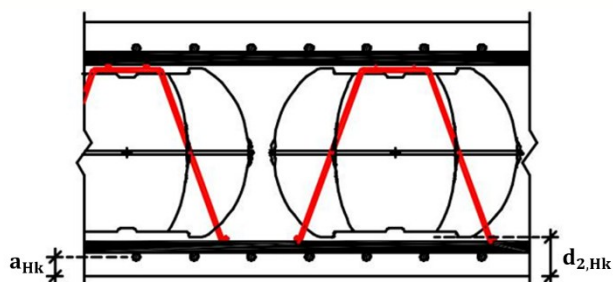


Figure 13 – Hauteurs pour le Calcul de la Résistance au Feu

Cette approche est décrite dans le rapport d'expert No. GS 3.2/16-357 (MPA Leipzig GmbH).

Dans les tableaux 5, 6 et 7 sont présentées les valeurs minimales d'enrobage pour une dimension de lame du système COBIAX CBX et la classe de résistance au feu souhaitée. En fonction de l'analyse de la dalle à l'étude, les tableaux respectifs sont présentés ci-dessous :

- Tableau 5 – dalles bidirectionnelles avec $l_y/l_x \leq 1,5$
- Tableau 6 – dalles bidirectionnelles avec $1,5 < l_y/l_x \leq 2,0$
- Tableau 7 – Dalles unidirectionnelles et bidirectionnelles avec $l_y/l_x > 2,0$



		d2,Hk							
		50	55	60	65	70	80	90	100
S-100	R 30	13	12	11	11	11	11	11	11
	R 60	28	20	17	14	13	12	11	11
	R 90	-	43	30	25	22	19	17	16
	R 120	-	-	48	38	32	27	24	23
	R 180	-	-	-	-	-	59	46	40
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	67
S-120	R 30	13	12	11	11	11	11	11	11
	R 60	28	20	17	14	13	12	11	11
	R 90	-	40	30	25	22	19	17	16
	R 120	-	-	47	37	32	27	24	23
	R 180	-	-	-	-	-	58	45	39
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	66
S-140	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	28	20	16	14	13	12	11	11
	R 90	-	41	30	25	22	19	17	16
	R 120	-	-	46	37	32	27	24	22
	R 180	-	-	-	-	-	57	44	39
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	64
S-160	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	28	20	16	14	13	12	11	11
	R 90	-	39	29	25	22	19	17	16
	R 120	-	-	45	36	31	27	24	22
	R 180	-	-	-	-	-	55	44	39
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	62
S-180	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	27	20	16	14	13	12	11	11
	R 90	-	38	29	24	22	19	17	16
	R 120	-	-	43	35	31	26	24	22
	R 180	-	-	-	-	-	53	43	38
	R 240	-	-	-	-	-	-	89	61
S-200	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	26	19	16	14	13	12	11	11
	R 90	-	36	28	24	21	18	17	16
	R 120	-	-	41	34	30	26	24	22
	R 180	-	-	-	-	-	51	42	38
	R 240	-	-	-	-	-	-	78	59
S-220	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	25	19	16	14	13	11	11	11
	R 90	-	35	27	23	21	18	17	16
	R 120	-	-	39	33	30	26	23	22
	R 180	-	-	-	-	-	49	41	37
	R 240	-	-	-	-	-	-	72	57
S-240	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	25	19	16	14	13	11	11	11
	R 90	-	35	27	23	21	18	17	16
	R 120	-	-	39	33	30	26	23	22
	R 180	-	-	-	-	-	49	41	37
	R 240	-	-	-	-	-	-	72	57
S-260	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	25	19	16	14	13	11	11	11
	R 90	-	35	27	23	21	18	17	16
	R 120	-	-	39	33	30	26	23	22
	R 180	-	-	-	-	-	49	41	37
	R 240	-	-	-	-	-	-	72	57

Tableau 5- Enrobage minimum de dalles bidirectionnelles avec $l_y/l_x \leq 1,5$.



		d2,Hk							
		50	55	60	65	70	80	90	100
S-100	R 30	13	12	11	11	11	11	11	11
	R 60	33	25	22	19	18	17	16	16
	R 90	-	48	35	30	27	24	22	21
	R 120	-	-	-	-	50	36	31	29
	R 180	-	-	-	-	-	-	71	56
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-120	R 30	13	12	11	11	11	11	11	11
	R 60	33	25	22	19	18	17	16	16
	R 90	-	45	35	30	27	24	22	21
	R 120	-	-	-	-	48	35	31	29
	R 180	-	-	-	-	-	-	69	56
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-140	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	33	25	21	19	18	17	16	16
	R 90	-	46	35	30	27	24	22	21
	R 120	-	-	-	-	47	35	31	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	68	55
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-160	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	33	25	21	19	18	17	16	16
	R 90	-	44	34	30	27	24	22	21
	R 120	-	-	-	-	45	35	31	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	66	54
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-180	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	32	25	21	19	18	17	16	16
	R 90	-	43	34	29	27	24	22	21
	R 120	-	-	-	-	44	34	31	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	64	53
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-200	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	31	24	21	19	18	17	16	16
	R 90	-	41	33	29	26	23	22	21
	R 120	-	-	-	-	42	34	30	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	62	52
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	89
S-220	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	30	24	21	19	18	16	16	16
	R 90	-	40	32	28	26	23	22	21
	R 120	-	-	-	-	41	33	30	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	60	51
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	83
S-240	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	30	24	21	19	18	16	16	16
	R 90	-	40	32	28	26	23	22	21
	R 120	-	-	-	-	41	33	30	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	60	51
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	83
S-260	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	30	24	21	19	18	16	16	16
	R 90	-	40	32	28	26	23	22	21
	R 120	-	-	-	-	41	33	30	28
	R 180	-	-	-	-	-	-	60	51
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	83

Tableau 6- Enrobage minimum de dalles bidirectionnelles $1,5 < l_y/l_x \leq 2,0$.



		d2,Hk							
		50	55	60	65	70	80	90	100
S-100	R 30	13	12	11	11	11	11	11	11
	R 60	38	30	27	24	23	22	21	21
	R 90	-	-	-	63	46	38	34	32
	R 120	-	-	-	-	-	76	53	47
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-120	R 30	13	12	11	11	11	11	11	11
	R 60	38	30	27	24	23	22	21	21
	R 90	-	-	-	61	46	37	34	32
	R 120	-	-	-	-	-	73	53	47
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-140	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	38	30	26	24	23	22	21	21
	R 90	-	-	-	59	45	37	34	32
	R 120	-	-	-	-	-	69	53	47
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-160	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	38	30	26	24	23	22	21	21
	R 90	-	-	-	56	45	37	34	32
	R 120	-	-	-	-	-	68	52	47
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-180	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	37	30	26	24	23	22	21	21
	R 90	-	-	-	54	44	37	34	32
	R 120	-	-	-	-	-	66	51	46
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-200	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	36	29	26	24	23	22	21	21
	R 90	-	-	-	53	44	37	33	32
	R 120	-	-	-	-	-	64	51	46
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-220	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	35	29	26	24	23	21	21	21
	R 90	-	-	-	50	42	36	33	32
	R 120	-	-	-	-	-	61	50	46
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-240	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	35	29	26	24	23	21	21	21
	R 90	-	-	-	50	42	36	33	32
	R 120	-	-	-	-	-	61	50	46
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-
S-260	R 30	13	12	11	11	11	11	11	10
	R 60	35	29	26	24	23	21	21	21
	R 90	-	-	-	50	42	36	33	32
	R 120	-	-	-	-	-	61	50	46
	R 180	-	-	-	-	-	-	-	-
	R 240	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 7- Enrobage minimum de dalles unidirectionnelles et bidirectionnelles avec $l_y/l_x > 2,0$.



ISOLATION ACOUSTIQUE

Les deux principaux paramètres pour la classification de l'isolation acoustique des dalles sont :

- Isolation aux bruits aériens;
- Isolation aux bruits d'impact.

Les tests de comportement acoustique réalisés sur des dalles **COBIAX CBX**, aussi bien sur des éprouvettes en laboratoires spécialisés que sur des constructions complètes, dans l'objectif d'évaluer leur comportement acoustique et de comparer les résultats avec le comportement des dalles pleines, ont permis de définir une méthode appropriée de classification de l'isolation.

L'interprétation des mesures réalisées montre que pour la dalle **COBIAX CBX**, les mêmes méthodes d'évaluation de l'isolation acoustique déjà utilisées pour les dalles pleines peuvent être appliquées.

Dans les deux cas, bruits d'impact et bruits aériens, l'élément principal pour évaluer le degré d'isolation acoustique fourni par les dalles en béton est la masse surfacique par mètre carré de la zone concernée. Il existe diverses publications qui fournissent ces données en fonction de l'épaisseur et de la masse correspondante.

Aux valeurs obtenues à partir de ces tableaux sont ensuite ajoutées les valeurs d'isolation fournies pour les éléments de remplissage, les planchers et les plafonds, dont la somme constitue la capacité d'isolation acoustique de la dalle. Évidemment, la masse surfacique d'une dalle **COBIAX CBX** est inférieure à celle d'une dalle pleine de même épaisseur ; par conséquent, la capacité d'isolation acoustique de la dalle **COBIAX CBX** sera moindre proportionnellement à sa masse.

L'évaluation acoustique des bâtiments incorporant des dalles **COBIAX CBX** peut donc se baser sur les mêmes méthodes habituellement utilisées pour les constructions traditionnelles, en se fondant sur la masse surfacique de la surface de la dalle **COBIAX CBX**.

À titre d'exemple, pour une dalle de 20 cm (la dalle de plus faible épaisseur réalisable avec le système **COBIAX CBX**), les valeurs suivantes ont été mesurées sur une éprouvette sans revêtements ni plafonds en laboratoire :

Isolation aux bruits aériens : $R_{w,P} = 56$ dB

Niveau de bruit d'impact : $L_{n,eq,0,w,R} = 76$ dB

La masse surfacique de cette dalle correspond à une épaisseur moyenne en béton de 15 cm.

L'évaluation de l'isolation acoustique d'une dalle **COBIAX CBX** peut ainsi être effectuée en recourant à une épaisseur équivalente de dalle.

ISOLATION THERMIQUE

Les vides créés par les modules **COBIAX CBX** influencent la conductivité thermique de la dalle. Théoriquement, ils ont un effet positif sur le transfert de chaleur à travers la dalle et, par conséquent, sur l'isolation thermique de celle-ci. Cependant, l'effet est négligeable pour l'application pratique du système, car seulement 5 à 10 % d'amélioration pourrait être obtenu (pour une dalle plate sans aucun isolant).

L'amélioration de l'isolation thermique devient encore moindre lorsqu'on la considère dans une dalle isolée, où le matériau d'isolation thermique fournit la majeure partie des performances.

CONTRÔLE THERMIQUE

Les dalles **COBIAx CBx** peuvent être facilement combinées avec des systèmes de contrôle de température du noyau de la structure en béton. Ces systèmes combinent chauffage et refroidissement au moyen d'un réseau de canalisations intégré à l'intérieur de la structure.

L'étude suivante permet d'observer l'effet que les vides ont sur la capacité de stockage thermique :

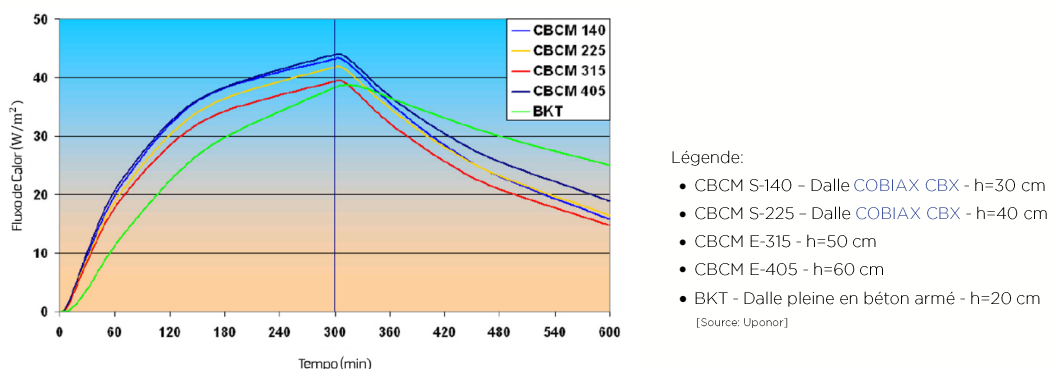


Figure 14 – Capacité de Stockage Thermique

Pour chaque type de dalle allégée, il est possible d'observer les performances des dalles avec le système **COBIAx CBx** par rapport aux dalles pleines conventionnelles (à travers un modèle dynamique de charge sur une période de 5 heures, avec une température ambiante constante de 26 °C et une température moyenne de 18 °C).

Les essais et études menés au fil du temps démontrent que pour une régulation sélective de température, les dalles **COBIAx CBx** présentent de meilleures performances et sont plus efficaces qu'une dalle pleine conventionnelle.

Le système **COBIAx CBx** présente une adaptation rapide aux changements de température, grâce à sa capacité d'accumulation et de dissipation rapide de l'énergie.

Pour optimiser les performances de la dalle **COBIAx CBx**, les tubes sont installés entre la zone de renforcement inférieure et les vides CBx. La lame inférieure en béton, dans ce cas, devra avoir une épaisseur d'environ 8 cm. Ces caractéristiques sont suffisantes pour présenter des performances similaires à celles d'une dalle pleine en béton avec ce type de système.

Pour la protection des tubes du système, il est recommandé d'utiliser une couche de treillis dans la zone inférieure de la dalle correspondant à la hauteur de ceux-ci.

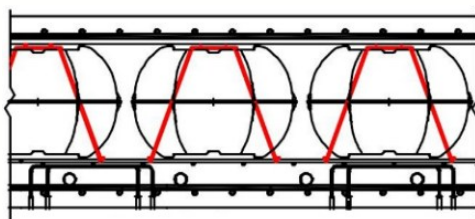


Figure 15 – Chaises de levage

PRÉCONTRAINTE

La combinaison de la précontrainte avec une dalle **COBIAX CBX** est l'un des principes possibles et, lorsque les deux effets sont combinés, il est possible d'obtenir des facteurs positifs en termes économiques et des solutions très efficaces.

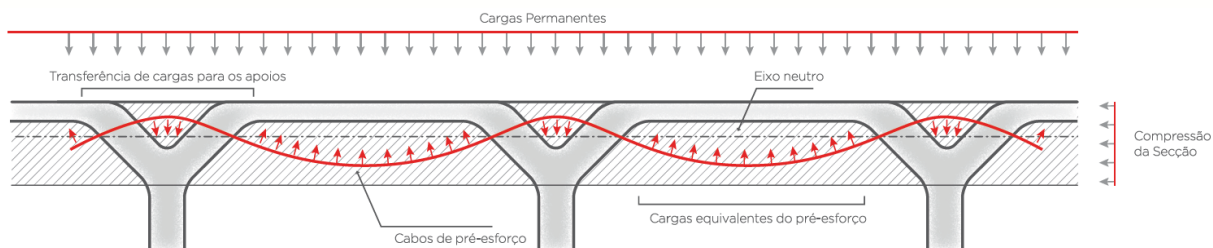


Figure 16 – Charges Équivalentes

La précontrainte par le contrôle du poids propre au moyen des forces équivalentes imposées dans la dalle, combinée à l'avantage de la réduction de poids propre présente dans une dalle **COBIAX CBX**, rend cette solution particulièrement avantageuse par rapport aux solutions plus conventionnelles.

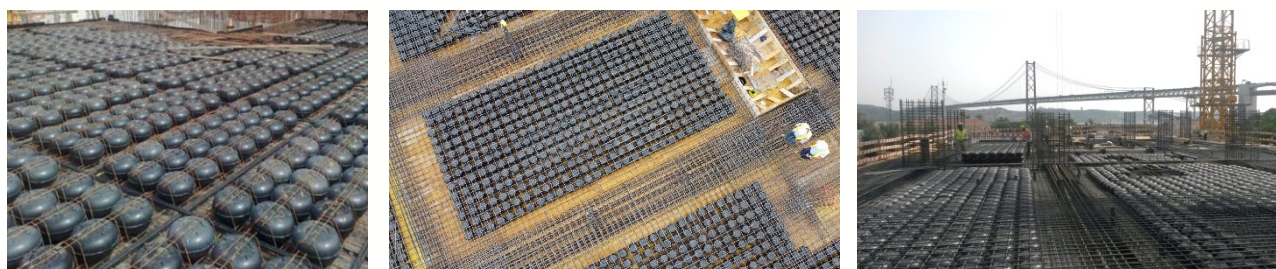


Figure 16 – Dalles COBIAX Précontraintes

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

L'utilisation des modules **COBIAX CBX** dans les éléments préfabriqués fournit des solutions plus légères et économiques. Dans ces cas, le facteur poids n'offre pas seulement des avantages statiques, mais également des avantages de transport et d'installation des éléments. Les balcons sont l'un des éléments de construction privilégiés, adaptés à cette utilisation.



Figure 16 – Dalles COBIAX Préfabriquées

DURABILITÉ

L'industrie de la construction civile est l'un des secteurs qui génère le plus d'impact direct sur l'environnement, la production de ciment étant l'une des principales sources d'émission de CO₂.

Lors de la production d'une dalle en béton armé, la fabrication des matériaux de construction génère des émissions de CO₂ liées aux matières premières et à l'énergie. La majeure partie des émissions de CO₂ dans la production de béton est due à la production de ciment, en raison de la consommation élevée d'énergie (thermique et électrique) et des émissions de CO₂ résultant principalement de la décarbonatation du calcaire lors de la production du ciment.

Dans une étude menée par l'Institut Fraunhofer, il a été possible de montrer et de quantifier le potentiel de la technologie [COBIAX CBX](#) dans la réduction des émissions de CO₂ lors de la fabrication des dalles.

CAS D'ÉTUDE

Dans l'analyse, on a considéré une émission moyenne de CO₂ de 0,70 kg par kg de ciment. Pour la production de ciment, un supplément en béton de 0,63 kg de CO₂ par m³ de dalle est supposé, et pour la production d'acier d'armature, une émission de CO₂ de 1,73 kg par kg d'acier a été prise en compte.

Pour une dalle pleine conventionnelle, les valeurs de consommation suivantes ont été obtenues :

Dalle pleine	Masse [kg/m ³ de dalle]	Émissions de CO ₂ [kg/kg émis]	Émissions de CO ₂ [kg/m ³ de dalle]
Ciment	300	0,70	210,00
Béton (hors ciment)	2,200	0,0003	0,63
Acier	145	1,73	250,85
Total			461,48

Tableau 8- Émissions de CO₂ lors de la production d'une dalle pleine conventionnelle par m³.

Dans une autre approche, on a considéré une dalle allégée similaire avec la technologie du système [COBIAX CBX](#). L'introduction des vides a permis d'économiser 17 % de l'acier d'armature nécessaire, conformément au calcul comparatif. Les treillis métalliques du système servant à positionner les vides [COBIAX CBX](#) n'ont pas été pris en compte dans le calcul statique, mais ont été inclus dans le bilan de CO₂, conformément au tableau ci-dessous.

La consommation d'énergie dans la production d'un vide [COBIAX CBX](#) avec 100 % de matériau recyclé est d'environ 0,04 kWh par pièce. En supposant une production de CO₂ de 0,70 kg par kWh, il y a une émission de CO₂ de 0,34 kg par m³ de dalle.

Pour une dalle [COBIAX CBX](#) similaire à la dalle pleine conventionnelle considérée, les valeurs de consommation suivantes ont été obtenues :

Dalle COBIAX CBX	Masse [kg/m ³ de dalle]	Émissions de CO ₂ [kg/kg émis]	Émissions de CO ₂ [kg/m ³ de dalle]
Ciment	210	0,70	147,00
Béton (hors ciment)	1,540	0,0003	0,44
Acier	120	1,73	207,60
Module Cobiax CBX	10	0,03	0,34
Treillis métalliques	8	1,73	13,84
Total			369,22

Tableau 9- Émissions de CO₂ lors de la production d'une dalle COBIAX CBX par m³.



Cela résulte en des émissions de CO₂ d'environ 369,22 kg pour une dalle avec la technologie [COBIAX CBX](#).

Pour le bilan comparatif de la quantité d'émissions de CO₂ entre les deux types de dalles présentés, on a l'expression suivante :

$$\Delta = 461.48 - 369.22 = 92.26 \text{ kg/m}^3$$

En résumé, on obtient une économie de 92,26 kg de CO₂ par m³ de dalle en comparaison directe avec la dalle pleine conventionnelle, soit une réduction de l'ordre de 20 % !

La durabilité des ressources naturelles revêt une importance croissante de nos jours. L'utilisation de matériaux recyclés pour la constitution des vides et la réduction du besoin en béton permettent au système [COBIAX CBX](#) de promouvoir à lui seul une structure à moindre impact environnemental et une réduction significative des émissions de CO₂ inhérentes au processus constructif.

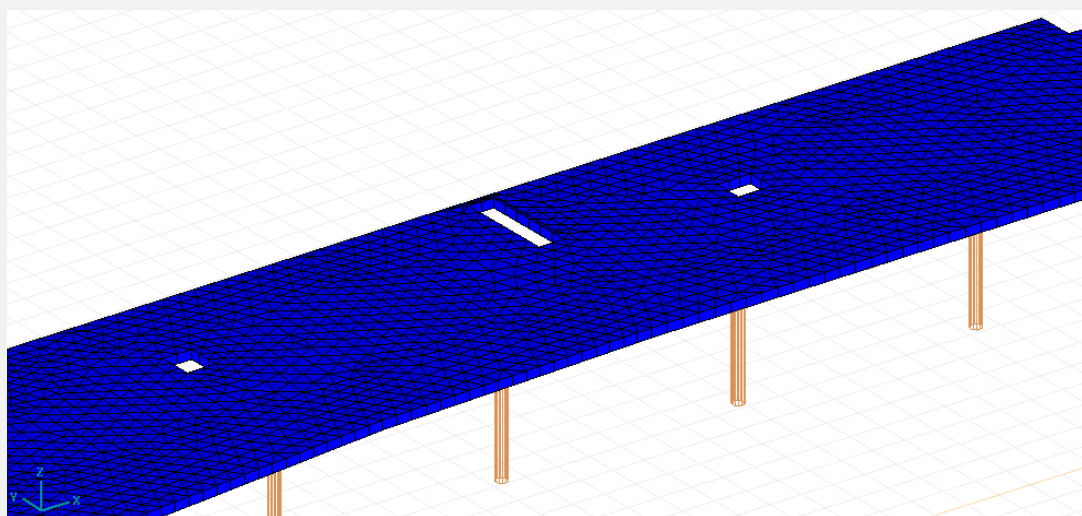
PROCESSUS DE CALCUL D'UNE DALLE COBIAX CBX

Dans le présent chapitre, on décrit le processus de calcul d'une dalle **COBIAX CBX** à l'aide d'un logiciel d'éléments finis. Le processus est basé sur les méthodes couramment utilisées pour la conception structurelle des dalles pleines et est compatible avec tout code ou règlement en vigueur.

L'exemple présenté est basé sur le logiciel MEF « Axis VM9 ». Cependant, les principes sous-jacents sont applicables à tout logiciel d'éléments finis permettant le calcul des dalles pleines.

ÉTAPE 1 - HYPOTHÈSES, DONNÉES INITIALES ET PARAMÈTRES COBIAX CBX

Définissez les données initiales conformément aux hypothèses de la structure, telles que la géométrie de la dalle, les appuis, les charges et les matériaux, de la même façon que vous le feriez pour une dalle pleine, en assumant dès à présent l'épaisseur de dalle souhaitée. Sur la base de l'épaisseur de dalle définie, sélectionnez le vide **COBIAX CBX** que vous souhaitez utiliser en tenant compte de la réduction de charge et du facteur de correction de l'inertie, conformément aux paramètres du Tableau 1 de ce manuel.



Modèle de calcul d'une dalle (visualisation 3D) avec quelques ouvertures et supportée par des colonnes

Paramètres génériques de calcul

$E = 34000 \text{ N/mm}^2$; $\delta = 25 \text{ kN/m}^3$; enrobage = 25 mm; épaisseur $h = 300 \text{ mm}$

Paramètres du système **COBIAX CBX** sélectionné **S-180**

Réduction de charge permanente - **2.32 kN/m²**

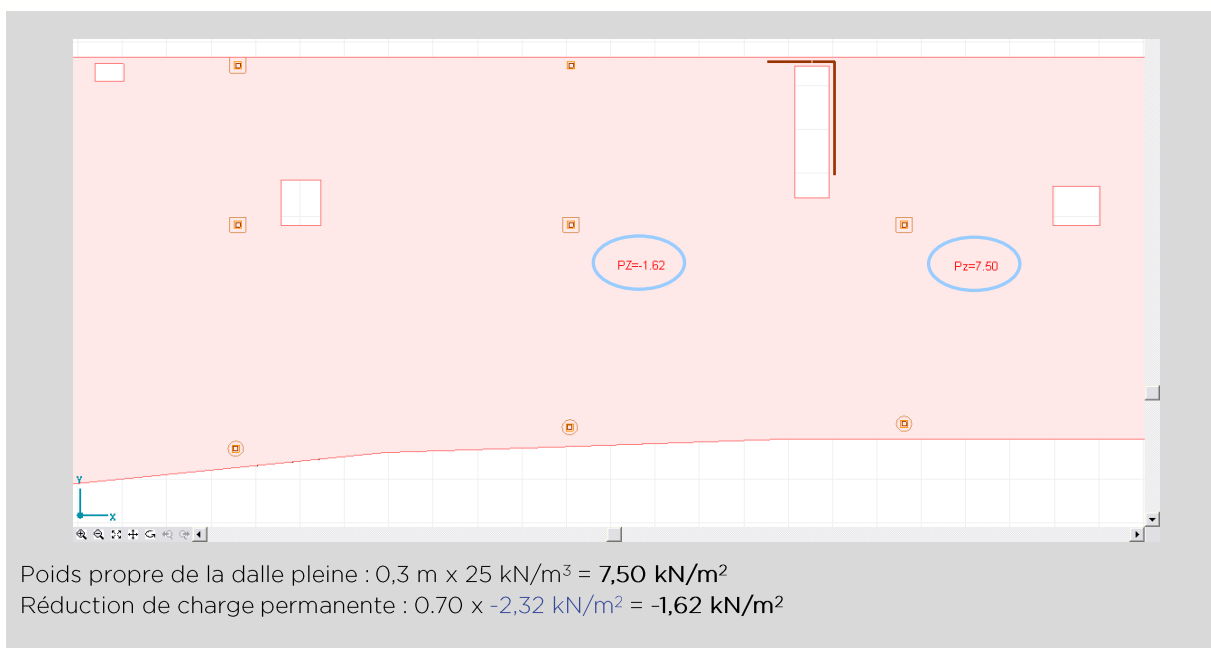
Facteur de correction d'inertie - **0.91**



ÉTAPE 2 - MODÈLE DE CHARGE PERMANENTE SUPPLÉMENTAIRE

En règle générale, observable dans un large ensemble d'essais, la zone allégée représente environ 70 à 80 % de la surface totale de la dalle. Cependant, à des fins de pré-dimensionnement, il est recommandé d'utiliser une valeur n'excédant pas 70 % pour la réduction de la charge permanente lors de la première phase du calcul.

Nous proposons alors de créer un cas de charge permanente additionnelle représentant la réduction de charge provenant des vides COBIAX CBX à installer, conformément à la sélection effectuée au point précédent. Cette charge doit avoir une direction opposée au poids propre de la dalle considéré automatiquement.



ÉTAPE 3 - MODIFICATION DE L'INERTIE DE LA DALLE

Pour prendre en compte la réduction d'inertie de la dalle face à l'introduction du système COBIAX CBX, vous devrez, conformément aux possibilités offertes par votre logiciel, effectuer l'une des opérations suivantes :

- Modifiez le module d'élasticité du béton de la dalle en l'affectant du coefficient constant du Tableau 1 ;
- Modifiez l'inertie des éléments de dalle en les affectant du facteur de correction indiqué dans le Tableau 1 ;

Calculez la déformation résultante en incorporant dans le modèle le modèle de réduction de charge permanente et l'inertie modifiée. Vérifiez si cela satisfait vos critères ; dans le cas contraire, vous devrez augmenter l'épaisseur de votre dalle.

Modification de E : $0,91 \times 34000 \text{ N/mm}^2 = 30940 \text{ N/mm}^2$

Modification du facteur de rigidité global de 1 à 0,91

Selon le logiciel utilisé, celui-ci présente le calcul de la déformation linéaire (État I, élastique) ou non linéaire et permet de calculer la déformation à long terme (État II). Pour le cas linéaire, les valeurs de déformation élastique obtenues à partir du calcul sont traitées de la même façon que pour les dalles pleines en ce qui concerne l'évaluation de la déformation à long terme.



ÉTAPE 4 - CRITÈRE DE RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT ET IDENTIFICATION DE LA ZONE PLEINE

Calculez manuellement la résistance au cisaillement maximale admissible V_{cd} pour une dalle pleine de même épaisseur et multipliez cette valeur par le facteur de correction au cisaillement indiqué dans le Tableau 1 pour obtenir la résistance au cisaillement de la dalle dans la zone allégée.

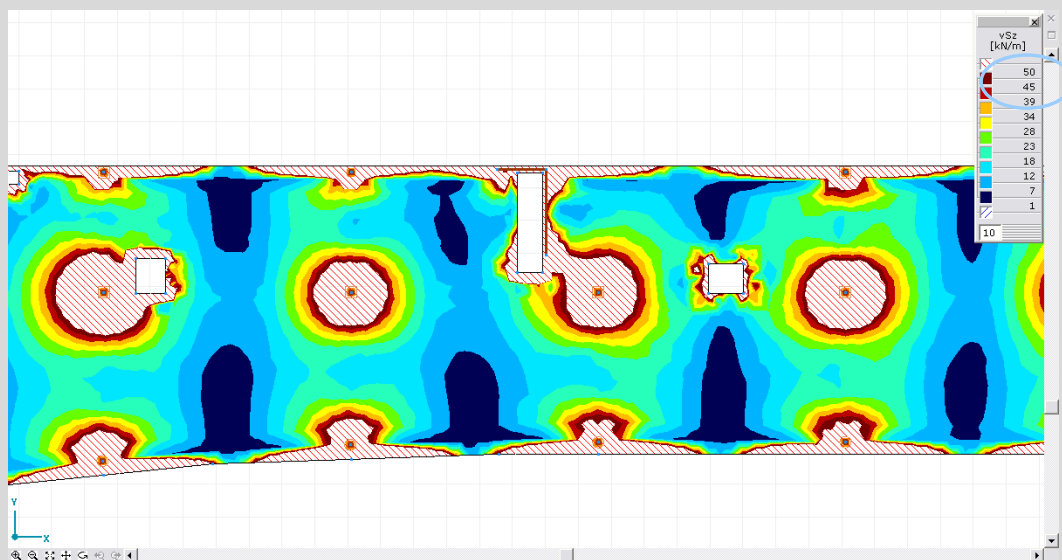
Visualisez la distribution des efforts tranchants dans votre modèle et identifiez les zones de la dalle dans lesquelles cette valeur dépasse la capacité de résistance au cisaillement de la zone allégée. Naturellement, les COBIAX CBX ne doivent pas être placés dans ces zones.

En supposant que pour l'exemple $V_{cd} = 100 \text{ kN/m}$

Facteur de réduction au cisaillement pour le COBIAX CBX S-180 : 0.50

On a donc dans la zone allégée : $V_{cd, \text{COBIAX CBX}} = 0,50 \times 100 \text{ kN/m} = 50 \text{ kN/m}$

La distribution des efforts tranchants dans la dalle calculée, en maintenant le cas de réduction de charge, permet d'identifier les zones où ces valeurs dépassent la force maximale de cisaillement admissible $V_{cd, \text{COBIAX CBX}}$.

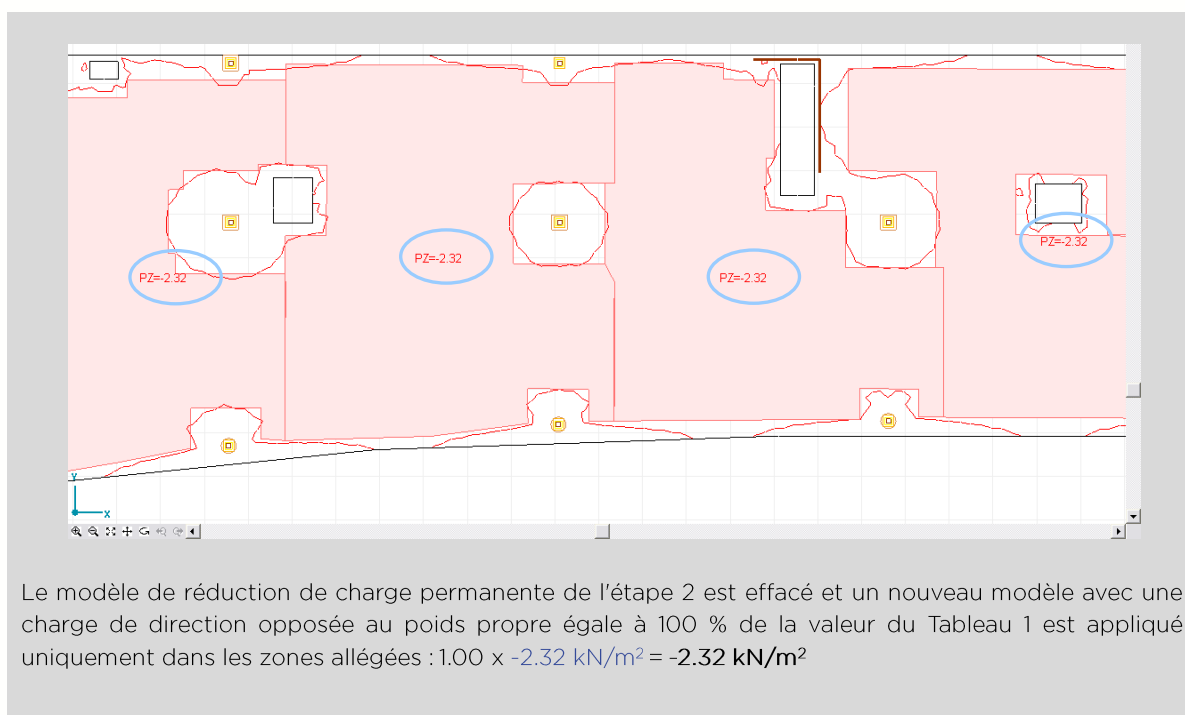




ÉTAPE 5 - AFFINEMENT DU CAS DE RÉDUCTION DE CHARGE

Cette étape n'est requise que si l'on souhaite un plus grand affinement et une plus grande précision des valeurs des efforts, notamment dans les éléments verticaux et les fondations, car leur redistribution dans la dalle entraîne une réduction tant des efforts que des déformations.

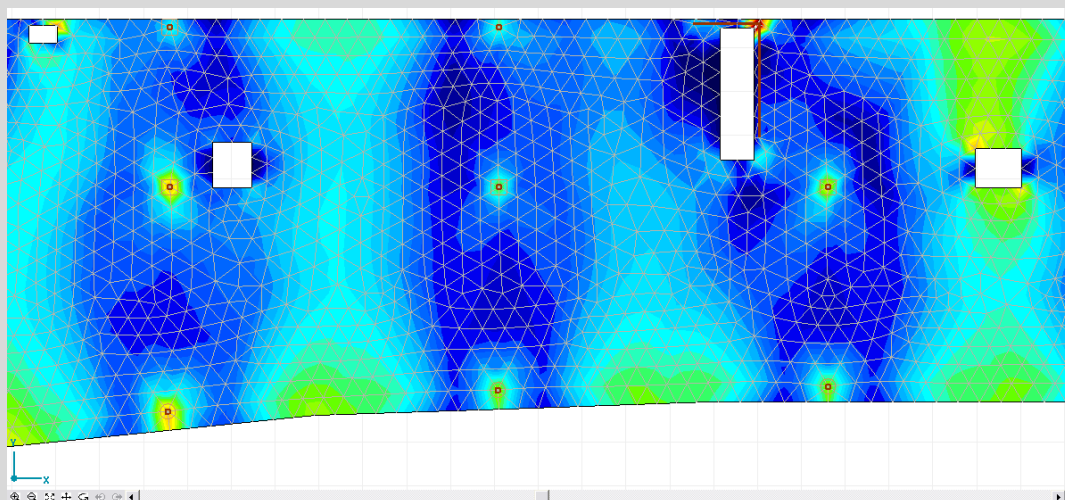
En utilisant les contours des zones pleines identifiées précédemment, redéfinissez le cas de réduction de la charge permanente, en appliquant aux zones allégées 100 % de la valeur de réduction indiquée dans le Tableau 1 et en retirant cette charge des zones pleines.



ÉTAPE 6 - VÉRIFICATION ET DÉTAILLAGE DE LA SECTION DE DALLE

À partir de l'analyse des efforts et du dimensionnement des armatures et enrobages nécessaires, il est important de vérifier la conformité de la section préconisée, notamment en constatant la faisabilité de celle-ci.

La somme des enrobages, des diamètres des barres et de la hauteur du treillis COBIAX CBX doit être inférieure ou égale à l'épaisseur de la dalle définie. Dans le cas contraire, vous devrez redéfinir les barres à utiliser ou augmenter l'épaisseur de la dalle. Si elle est inférieure, cette différence peut être compensée par des cales d'espacement placées à cet effet.



Distribution des efforts aux états limites ultimes

Vérification de section après sélection de l'armature

Enrobage : 25 mm

Diamètre des barres d'armature inférieure : 12 et 16 mm (directions x et y dans la zone allégée)

Diamètre des barres d'armature supérieure : 12 mm (directions x et y dans la zone allégée)

Hauteur de support S-180: 190 mm

→ $\Sigma 25\text{mm} + 25\text{mm} + 12\text{mm} + 16\text{mm} + 12\text{mm} + 12\text{mm} + 190\text{mm} = 292\text{mm}$

→ $292\text{mm} \leq 300\text{mm}$

La section est correctement dimensionnée, incluant une tolérance de construction de 8 mm.

DÉTAILLAGE

PLANS D'IMPLANTATION/GÉOMÉTRIE

Pour un correct montage des treillis **COBIAx CBx** sur chantier, des plans de géométrie doivent être produits, incluant la caractérisation, la quantité, l'orientation et les cotes d'implantation des vides, de façon à permettre, conjointement avec les plans de géométrie du coffrage et le détaillage des armatures, l'exécution des travaux de la dalle.

Les plans d'implantation du système doivent contenir les éléments suivants :

- Cotes relatives aux axes ou à la limite de la structure pour l'implantation des vides ;
- Section caractéristique de la dalle identifiant les hauteurs du module **COBIAx CBx** et des lames ;
- Indication de l'ordre de montage des armatures et de l'orientation des treillis ;
- Notes générales sur l'utilisation, la manutention et le montage d'une dalle **COBIAx CBx**.

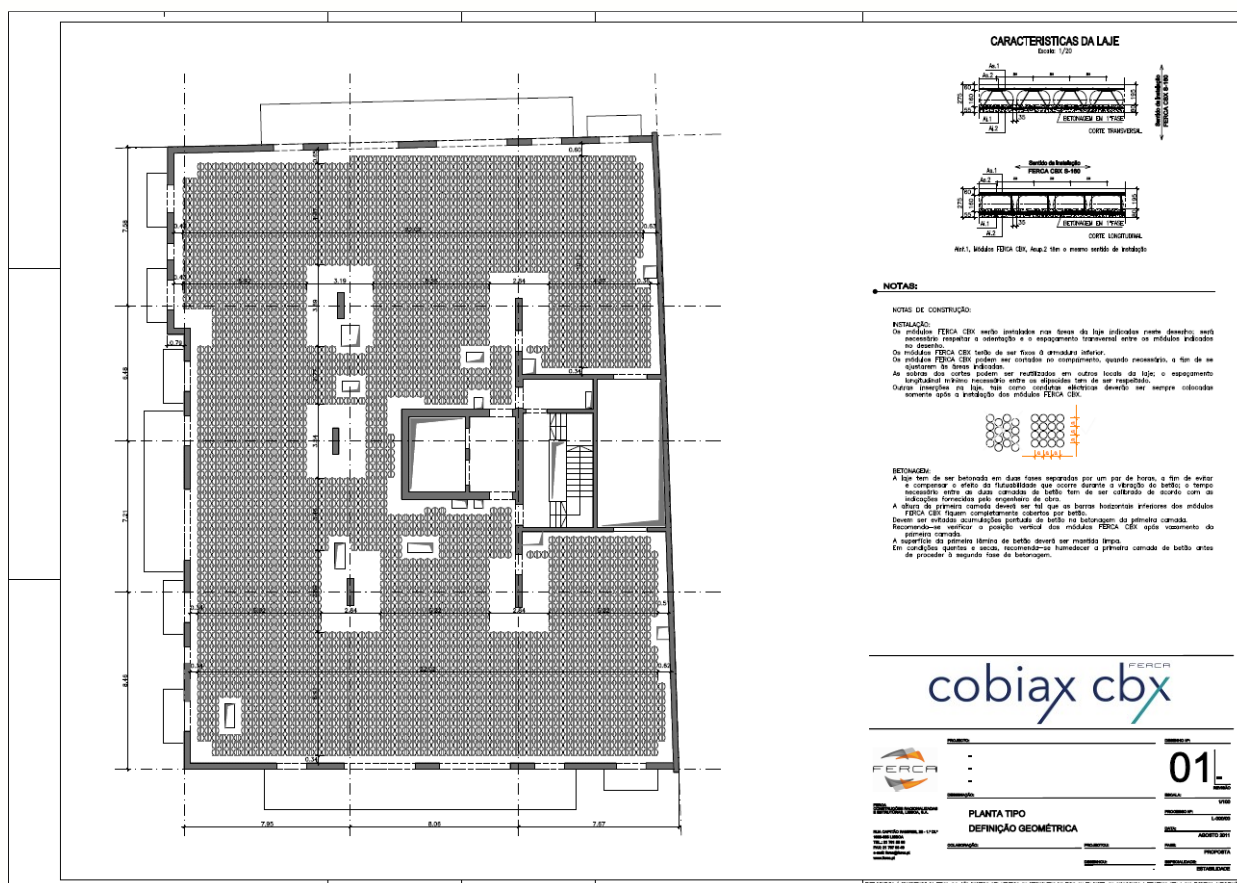


Figure 19 – Plan de distribution COBIAx CBx

Dans la distribution du système COBIAx CBX, les principes suivants doivent être respectés :

La distribution du système COBIAx CBX doit respecter les zones où l'effort tranchant dépasse la capacité de la dalle, en laissant ces zones pleines (voir figures 20 et 21) ;

L'espacement entre les axes des vides COBIAx CBX doit respecter les dimensions indiquées dans le Tableau 1 de ce document, sauf indication spécifique contraire ;

Le long du bord de la dalle et des ouvertures, il est recommandé de laisser une bande pleine d'environ 0,30 m, même si l'effort tranchant de la dalle n'est pas dépassé, afin d'éviter l'interférence des treillis COBIAx CBX avec d'éventuelles armatures de renfort des bords ;

Le cas échéant, les treillis COBIAx CBX doivent être coupés à la longueur nécessaire de manière à remplir les zones définies et leur distribution doit respecter l'orthogonalité de leur disposition ;

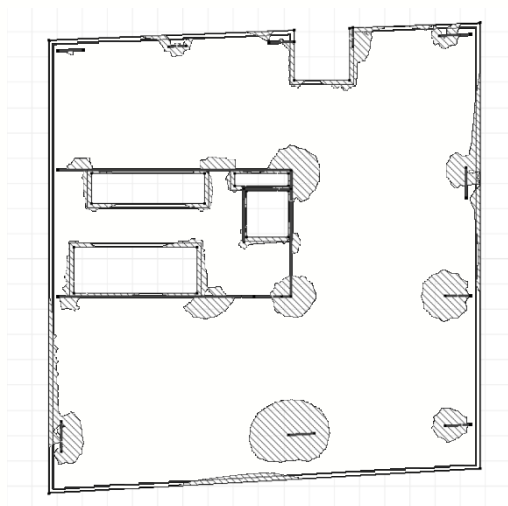


Figure 20 - Identification dans le modèle de calcul des zones où l'effort tranchant dépasse la capacité résistante de la dalle.

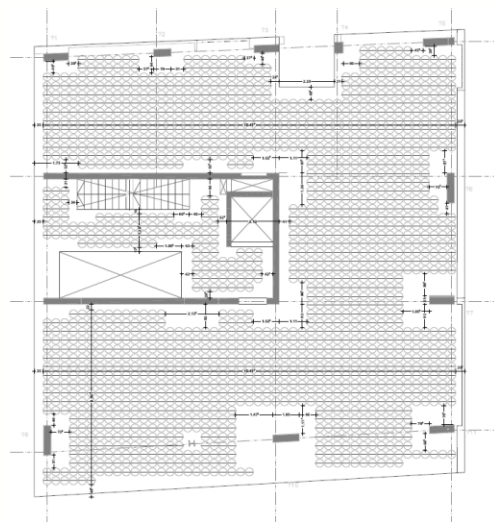


Figure 21 - Distribution du système COBIAx CBX en tenant compte des zones pleines nécessaires.

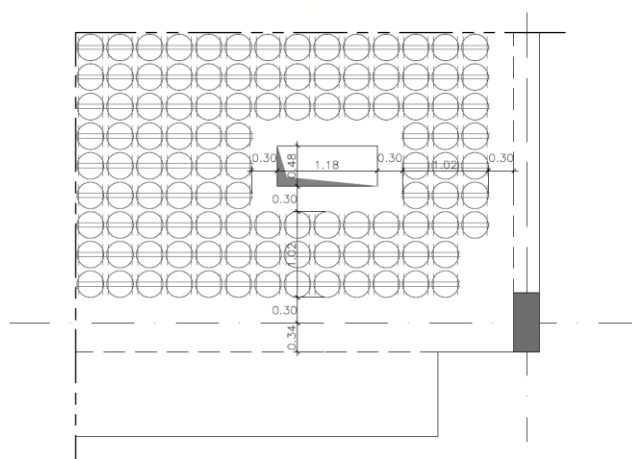


Figure 22 - Exemple de plan d'implantation du système COBIAx CBX

INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

Le COBIAx CBX étant un système modulaire, la compatibilité avec les diverses installations à réaliser dans la dalle est possible. Les implications sur la disposition des modules COBIAx CBX doivent être prévues à l'avance et indiquées dans les plans de distribution. Les vides peuvent être retirés individuellement pour le passage de tubes ou en lignes pour le passage d'installations diverses, par exemple l'application de post-contrainte dans la dalle.

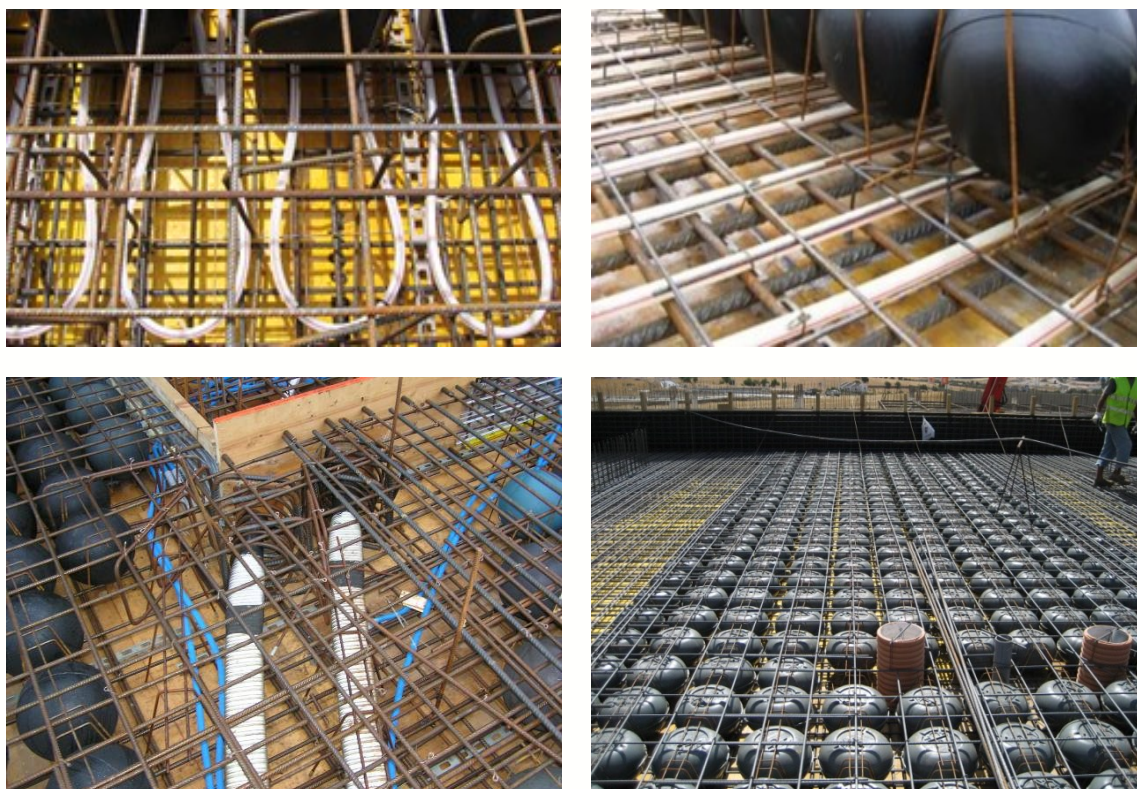


Figure 23 - Exemples d'installations diverses et de systèmes de post-contrainte dans une dalle COBIAx CBX

MONTAGE D'UNE DALLE COBIAx CBX

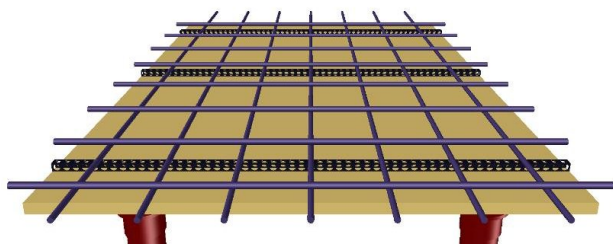
Le montage d'une dalle COBIAx CBX est composé de diverses procédures, depuis les facteurs logistiques, le transport du matériel, ainsi que le processus d'assemblage du produit jusqu'aux procédures lors de son exécution sur chantier. Consulter le Manuel de Procédures du système.



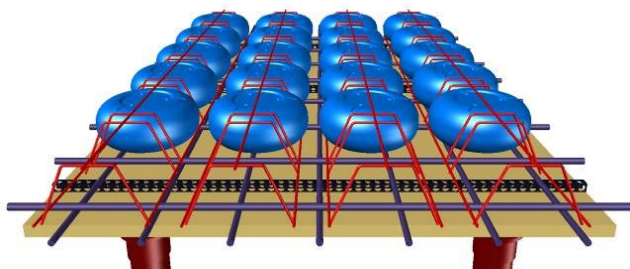
Figure 24 - Processo de assemblage e stockagem do material



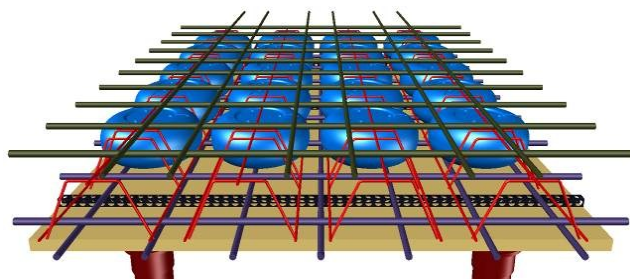
L'exécution d'une dalle COBIAX CBX respecte intégralement les mêmes principes et procédures que le montage d'une dalle pleine. Les treillis sont posés et fixés directement sur l'armature inférieure. Il convient de noter la particularité de ceux-ci qui servent d'appui aux armatures supérieures, évitant ainsi les habituelles « chaises » des dalles pleines.



Exécution de plancher continu, pose de cales pour l'enrobage et armature inférieure

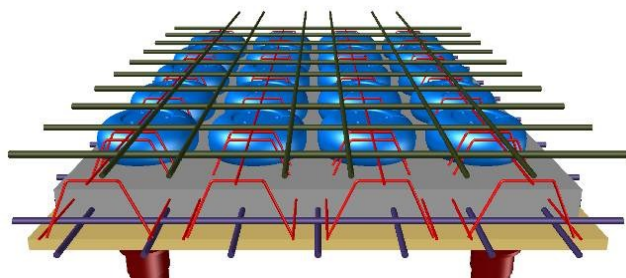


Pose des treillis COBIAX CBX directement sur l'armature inférieure, fixation avec 2/3 nœuds par treillis

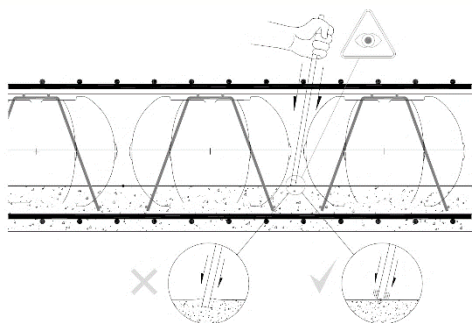


Pose de l'armature supérieure sur les treillis COBIAX CBX

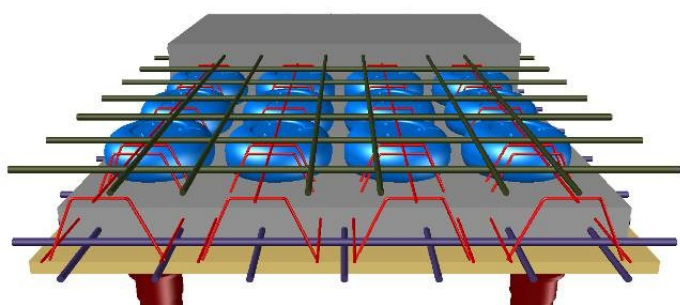




Bétonnage de la 1ère phase, jusqu'à 1/3 de l'épaisseur, ancrant les treillis COBIAX CBX



Vérification de la 1ère phase de bétonnage de la dalle



Bétonnage de la 2ème phase, 1 à 2 heures après la 1ère phase, finition de la dalle



