

Sur le procédé

Dalles pour balcon MINERALIT®

Titulaire(s) : Société MINERALIT - Mineralgusswerk Laage
Internet : www.mineralit.com

Descripteur :

Les dalles MINERALIT sont des éléments préfabriqués en béton à liant polymère, renforcés par des barres d'armature en matériau composite (matrice polymère renforcée par de fibres de verre) et destinés à former la dalle de balcons rapportés.

Les dalles présentent une épaisseur de 20 mm, 25 mm ou 35 mm correspondant à leur appellation : MINERALIT 20, MINERALIT 25 ou MINERALIT 35.

Ces dalles sont posées sur une structure porteuse métallique en acier galvanisé permettant d'avoir des zones d'appui (périphériques et intermédiaires selon le cas) de largeur minimale 40 mm. Les dalles MINERALIT sont fixées à la structure porteuse par collage (adhésif et colle polyuréthane) systématiquement doublé d'un fixation mécanique anti-soulèvement par profilés métalliques vissés à la structure porteuse.

Les dalles MINERALIT ne reprennent que des charges appliquées perpendiculairement à leur plan. Elles ne participent pas à la stabilité de la structure porteuse sur laquelle elles prennent appui.

Les dalles sont en général de forme parallélépipédique. D'autres formes géométriques peuvent être réalisées sous réserve de respecter les dispositions constructives présentées dans le Dossier Technique.

Il est possible de juxtaposer des dalles MINERALIT. Dans ce cas, des joints entre dalles avec un mastic pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) sur fond de joint devront être réalisés.

Les dalles MINERALIT peuvent disposer de réservations ou passages pour le drainage d'eaux pluviales. Ces réservations sont réalisées uniquement en usine.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Famille de produit/Procédé : Plancher en dalles minces

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Il s'agit d'une première demande d'Avis Technique	Etienne PRAT <i>Etienne Pr-T</i> <i>Pr-T</i>	Roseline BERNARDIN-EZRAN <i>Roseline Bernardini-Ezran</i>

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1. Définition succincte	4
1.1.1. Description succincte	4
1.1.2. Identification	4
1.2. AVIS	4
1.2.1. Domaine d'emploi accepté	4
1.2.2. Appréciation sur le procédé.....	5
1.2.3. Prescriptions Techniques	6
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	7
2. Dossier Technique	8
2.1. Données commerciales	8
2.1.1. Coordonnées.....	8
2.2. Description	8
2.3. Identification et marquage du produit	8
2.4. Domaine d'emploi	8
2.5. Matériaux	9
2.5.1. Béton à liant polymère	9
2.5.2. Armatures de renfort	9
2.5.3. Matériaux complémentaires	10
2.5.4. Fixations mécaniques	10
2.6. Description des dalles MINERALIT	10
2.6.1. Principe et gamme.....	10
2.6.2. Dimensions.....	10
2.6.3. Géométrie	11
2.6.4. Caractéristiques des dalles	11
2.6.5. Découpes et réservations	11
2.6.6. Finitions	11
2.7. Fabrication	12
2.8. Contrôles de fabrication	12
2.8.1. Contrôles internes	12
2.8.2. Contrôles externes.....	13
2.9. Conception et dimensionnement.....	13
2.9.1. Généralités	13
2.9.2. Principe	13
2.9.3. Structure porteuse.....	13
2.9.4. Dimensionnement des dalles MINERALIT	15
2.9.5. Fixations mécaniques anti-soulèvement.....	17
2.10. Fourniture et assistance technique	18
2.11. Mise en œuvre	18
2.11.1. Structure métallique porteuse	18
2.11.2. Mise en œuvre des dalles MINERALIT	18
2.12. Résultats expérimentaux	20
2.13. Références	20
2.13.1. Données Environnementales	20
2.13.2. Autres références	21
2.14. Annexes du Dossier Technique.....	22
2.14.1. Liste des Figures du Dossier Technique.....	22
2.14.2. ANNEXE A : Dimensionnement des dalles MINERALIT	37
2.14.3. ANNEXE B : Essais de conformité – Flexion sur béton à liant polymère	40

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 23 mars 2021, le procédé **Dalles pour balcon MINERALIT®**, présenté par la Société MINERALIT. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Les dalles MINERALIT sont des éléments préfabriqués en béton à liant polymère, renforcés par des barres d'armature en matériau composite (matrice polymère renforcée par de fibres de verre) et destinés à former la dalle de balcons rapportés.

Les dalles présentent une épaisseur de 20 mm, 25 mm ou 35 mm correspondant à leur appellation : MINERALIT 20, MINERALIT 25 ou MINERALIT 35.

Ces dalles sont posées sur une structure porteuse métallique en acier galvanisé permettant d'avoir des zones d'appui (périphériques et intermédiaires selon le cas) de largeur minimale 40 mm, et dont les entraxes, dans le sens de la portée, n'excèdent pas les valeurs précisées au § 2.9.4 du Dossier Technique.

Les dalles MINERALIT sont fixées à la structure porteuse par collage (adhésif et colle polyuréthane) systématiquement doublé d'une fixation mécanique anti-soulèvement par profilés métalliques vissés à la structure porteuse.

Les dalles MINERALIT sont conçues pour reprendre des charges appliquées perpendiculairement à leur plan (charges réparties ou concentrées). Elles ne participent pas à la stabilité de la structure porteuse sur laquelle elles prennent appui.

Les dalles sont en général de formes parallélépipédique dont les dimensions maximales sont présentées au §2.9.3.3 du Dossier Technique. D'autres formes géométriques peuvent être réalisées sous réserve de respecter les dispositions constructives présentées sur la Figure 6 du Dossier Technique.

En cas de planchers aux dimensions supérieures aux dimensions standards de fabrication, il est possible de juxtaposer des dalles. Dans ce cas, des joints entre dalles avec un mastic pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) sur fond de joint devront être réalisés.

Les dalles MINERALIT peuvent disposer de réservations ou passages pour le drainage d'eaux pluviales. Ces réservations sont réalisées uniquement en usine.

1.1.2. Identification

L'identification des composants se fait par des étiquettes comme indiqué au §2.3 du Dossier Technique.

1.2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions d'emploi fixées au paragraphe « Prescriptions Techniques » (§1.2.3).

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- Les accessoires de levage incorporés ou non au procédé MINERALIT (élingues, ...) ;
- Les appareils de levage (grue mobile ou fixe, ...) ;
- Les équipements de protection collective ou individuelle pour la sécurité des personnes (garde-corps, crochets, ...).

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine et pour des températures supérieures à -20°C.

Conformément aux dispositions du §2.3 de la NF EN 1990 et son annexe nationale française, compte-tenu du caractère remplaçable des dalles MINERALIT, il convient de retenir la durée d'utilisation de projet de 25 ans pour ces dalles.

Les dalles MINERALIT sont destinées à la réalisation de balcons rapportés :

- Des bâtiments d'habitation de 1^{ère} et 2^{ème} famille ;
- Des bâtiments de bureaux et ERP de 5^{ème} catégorie dont la hauteur du plancher bas le plus haut n'excède pas 8 m ;
- Pour les charges réparties à caractère statique ou quasi-statique des catégories d'usage A, B, C et D ;
- Pour des charges concentrées Q_k n'excédant pas 2,0 kN pour les catégories d'usage A, B, C et D, ce qui constitue pour les catégories d'usage B, C et D une limitation vis-à-vis des charges ponctuelles (de surface d'impact 5 x 5cm) définies dans la norme NF EN 1991-1-1 et son Annexe Nationale ;
- En réhabilitation ou en construction neuve ;

La structure porteuse des balcons rapportés est métallique en acier galvanisé.

Les dalles MINERALIT doivent être posées en ligne appuyées sur toute leur périphérie sur la structure porteuse. Dans le cas du MINERALIT 20 et MINERALIT 25, des supports intermédiaires peuvent être utilisés. La largeur des supports intermédiaires et des supports d'extrémité doit être au minimum 40 mm.

L'utilisation des dalles MINERALIT sous charge dynamique ou sous chocs répétés n'est pas visée.

L'utilisation des dalles MINERALIT est limitée aux bâtiments ne faisant pas l'objet d'exigences relatives au risque sismique.

Les planchers des coursives, passerelles extérieures et circulations à l'air libre, reliant les locaux correspondants aux catégories d'usage A, B, C et D aux escaliers ou permettant de quitter l'immeuble, ne sont pas visés.

Le procédé est utilisable dans tout environnement sauf ceux correspondant aux zones exposées aux embruns (XS3 au sens de la norme NF EN 206/CN), aux zones de gel sévère (XF3 et XF4), aux environnements causant une corrosion induite par les chlorures autres que marins (XD) et aux environnements chimiques (XA).

L'aptitude au levage du procédé n'est pas visée par le présent Avis.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

Les dalles MINERALIT ne participent pas à la stabilité de la structure porteuse.

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté sous réserve du respect des dispositions constructives des Prescriptions Techniques (§ 1.2.3).

Sécurité en cas d'incendie

Réaction au feu

Les différentes gammes de dalles MINERALIT ont fait l'objet d'un rapport de classement européen délivré par le CSTB (N° RA18-0092) vis-à-vis de la réaction au feu. Elles sont classées A2_{s1} suivant la norme NF EN 13501-1+A1:2013 pour l'utilisation visée.

Résistance au feu

Le domaine d'emploi du procédé est limité aux balcons rapportés, à l'exclusion des coursives, passerelles extérieures et circulations à l'air libre reliant les locaux correspondants aux catégories d'usage A, B, C et D aux escaliers ou permettant de quitter l'immeuble, pour lesquels aucune exigence réglementaire vis-à-vis de la résistance au feu n'est demandée.

Dans le cas où un niveau d'exigence en termes de résistance au feu est demandé pour un chantier spécifique, le comportement au feu du procédé de « Dalles pour balcon MINERALIT » doit faire l'objet d'un avis de chantier délivré par un laboratoire agréé.

Cas de la structure porteuse indépendante :

En référence à l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié, l'ossature porteuse indépendante doit être stable au feu ½ heure (R30).

Propagation du feu en façade

La contribution de la dalle et de l'ossature n'est pas à prendre en compte pour la règle du C+D.

Cas de la structure porteuse indépendante : en référence à l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié, l'ossature porteuse indépendante doit être stable au feu ½ heure (R30).

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée si les planchers sont conçus et mis en œuvre conformément aux Prescriptions Techniques (§ 1.2.3 ci-après) et si les accessoires de levage (bras à ventouses) utilisés pour déplacer les éléments, sont parfaitement adaptés à la géométrie de ceux-ci et font l'objet de vérifications et épreuves réglementaires.

Il est noté que les nacelles d'entretien ne doivent pas s'appuyer directement sur les dalles MINERALIT.

Pose en zones sismiques

L'utilisation du procédé de « Dalles pour balcon MINERALIT » pour des bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié n'est pas visée par le présent Avis.

Isolation acoustique

Le procédé de « Dalles pour balcon MINERALIT » est destiné aux balcons rapportés pour lesquels aucune exigence vis-à-vis de bruits de choc n'est demandée. Dans le cas où des exigences vis-à-vis de bruits de choc est demandée, il convient de vérifier au cas par cas, que les niveaux de pression pondérés du bruit de choc standardisés $L'_{nT,w}$ ne dépassent pas les valeurs limites données par la réglementation acoustique.

Données environnementales

Le procédé « Dalles pour balcon MINERALIT » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2.2. Durabilité - Entretien

La durabilité du procédé de dalle pour balcon MINERALIT requiert :

- L'exécution des travaux normaux d'entretien des dalles de balcon ;
- La réfection, des garnitures de mastic extérieurs des joints qui dépend de l'agressivité de l'ambiance.

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

Effectuée en usine de LAAGE (Allemagne), par le titulaire de l'Avis, elle nécessite, outre les précautions usuelles propres à la fabrication de dalles, la réalisation d'un autocontrôle régulier.

Cet avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérification décrits dans le dossier technique établi par le demandeur sont effectifs.

1.2.2.4. Mise en œuvre

La mise en œuvre, qui est effectuée par des entreprises autres que le tenant du système, ne présente pas de difficultés particulières à condition que soit fournie la notice de pose élaborée par la société MINERALIT et dans la mesure où celle-ci propose une assistance technique.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

- Le Bureau d'étude Structures en charge du chantier :
 - Réalise le dimensionnement de la structure porteuse en tenant compte des dispositions constructives présentées au paragraphe 2.9.3 du Dossier Technique ;
 - Réalise le dimensionnement, calepinage et choix des dalles MINERALIT ;
 - Transmet à MINERALIT pour validation les plans de calepinage, y compris les fixations des dalles à la structure porteuse (après validation, MINERALIT prépare les plans de fabrication.
 - Transmet le plan de pose des dalles à l'entreprise en charge de la pose.
- La dalle du balcon peut être composée d'une ou plusieurs dalles MINERALIT juxtaposées. Dans ce dernier cas, les joints entre dalles MINERALIT adjacentes doivent être traités au moyen d'un mastic pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) tel que celui décrit au §0 du Dossier Technique. L'épaisseur du joint sera d'au moins 12 mm (dalle MINERALIT 20) ou 13 mm (dalles MINERALIT 25 ou 35) toutes tolérances épuisées, sans excéder 20 mm.
- Les dalles MINERALIT sont fixées à la structure métallique porteuse par collage. Cette fixation par collage est complétée par des fixations mécaniques anti-soulèvement en périphérie des dalles MINERALIT telles que décrites au §2.5.4 du Dossier Technique.
- Les dalles MINERALIT ne doivent pas être prises en compte dans les vérifications de stabilité et de contreventement de la structure métallique porteuse sur laquelle elles prennent appui. En particulier, dans le cas des balcons autoportants, la structure porteuse devra être dûment contreventée.
- Pour les cas de chargement les plus courants, le Tableau 3 (§2.9.4 du Dossier Technique) peut être utilisé afin de vérifier la distance entre appuis (entraxe suivant le sens porteur de la dalle) en fonction de la dalle MINERALIT. Les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables dans les limites du cadre de validité précisé dans ce même paragraphe.
- Alternativement, pour les cas non couverts par le Tableau 3 (§2.9.4 du Dossier Technique), les vérifications devront être menées selon la méthode décrite en Annexe A.
- Une justification à la rupture doit être réalisée neutralisant l'effet du collage (soulèvement possible des dalles sur appui). Elle consiste en une vérification de l'élément à la rupture, toutes redistributions effectuées, et sans tenir compte de l'effet du collage, sous la combinaison ELS rare (considérée conventionnellement dans les calculs comme combinaison « ELU fondamentale ») $G + Q_1 + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{i,1}$, où G représente la sollicitation due à la charge permanente et $\Sigma \psi_{0,i}$ celle due aux charges de courte durée d'application dites d'accompagnement de l'action de base $Q_{1,1}$, y compris s'il y a lieu les charges climatiques.
- Les enrobages, distances aux bords et espacement des armatures composites des dalles MINERALIT, précisés aux Figures 3 et 4 en Annexe du Dossier Technique, doivent être respectés.
- En complément des dispositions concernant la pose par collage, les dispositions constructives relatives aux fixations métalliques présentées au §2.9.5 sont à respecter.
- Les dimensions maximales des réservations sont limitées à 20 x 20 cm. La zone d'implantation des passages (évacuation d'eaux pluviales) est indiquée dans les plans des dalles (cf. Figure 1 et Figure 2 en Annexe du Dossier Technique).
- Les réservations, évidements et passages divers devront faire l'objet de plans d'exécutions précis. Hormis les passages d'écoulements (perforation circulaire de diamètre maximale 60 mm, voir Figure 3 et Figure 19); ils comporteront un chevêtre systématique afin de justifier la continuité des appuis périphériques. Ils sont réalisables uniquement en usine lors de la fabrication des dalles.

1.2.3.2. Conditions de fabrication

L'aptitude à l'emploi du procédé de plancher pour balcon MINERALIT est formulée dans la mesure où le titulaire met en œuvre le contrôle interne de la production permettant de garantir les caractéristiques mécaniques des dalles produites. De ce fait, les contrôles explicités au paragraphe 2.8 du Dossier Technique portant sur les armatures composites et sur le béton à liant polymère, ainsi que sur les produits finis, devront être réalisés.

Le processus de fabrication des dalles doit comporter un contrôle sur :

- La bonne implantation des armatures composites, respectant les distances minimales aux bords et les enrobages,
- Les performances mécaniques du béton à liant polymère,
- Les dimensions de dalles.

1.2.3.3. Conditions de stockage et transport

Le transport et le stockage doivent uniquement être effectués selon les recommandations du titulaire du présent Avis.

1.2.3.4. Conditions de mise en œuvre

La structure porteuse métallique sur laquelle les dalles MINERALIT prennent appui, devra être correctement nivelée avant la pose des dalles. La structure métallique devra respecter le NF DTU 32.1 et la norme NF EN 1090-2, en ce qui concerne les tolérances de montage.

- En vue de l'évacuation des eaux pluviales, les dalles doivent être posées avec une inclinaison d'entre 1 % et 2 %.

- Les dalles MINERALIT présentant des dommages liés au transport, stockage ou manutention ne devront en aucun cas être mises en œuvre.
- Le perçage de trous ou la réalisation d'ouvertures dans les dalles MINERALIT sur chantier ne sont pas autorisés.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Compte tenu de la limitation des charges ponctuelles et que celle-ci constitue une exception à la norme NF EN 1991-1-1 et son annexe nationale pour les catégories d'usage B, C et D, le GS attire l'attention sur la nécessité de prise en compte de cette limitation dans les documents particuliers du marché (DPM).

Compte tenu de la limitation de la durée d'utilisation pour les dalles MINERALIT à 25 ans, le GS attire l'attention sur la disparité entre la durée d'utilisation du procédé et la durée d'utilisation de projet en référence aux bâtiments correspondant aux catégories d'usage A, B, C et D spécifiées dans la norme NF EN 1990 et son annexe nationale. Cette particularité devra être mentionnée dans les documents particuliers du marché (DPM).

Le GS attire l'attention sur la nécessaire prise en compte de la durée d'utilisation pour les dalles MINERALIT acceptée dans le plan d'entretien du bâtiment si la durée d'utilisation de projet de ce dernier devait dépasser 25 ans. Le plan d'entretien du bâtiment peut prévoir remplacement des dalles MINERALIT.

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :

Société MINERALIT – Mineralgusswerk Laage

Heinrich Lanz Strasse 4

DE - 18299 Laage

Tél. : +49 3 84 59 66 10

Fax : +49 3 84 59 66 123

Email : info@mineralit.com

Internet : www.mineralit.com

2.2. Description

Les dalles MINERALIT sont des éléments préfabriqués en béton à liant polymère, renforcés par des barres d'armature en matériau composite (matrice polymère renforcée par de fibres de verre) et destinés à former la dalle de balcons rapportés, pour des bâtiments d'habitation dans les limites du domaine d'emploi décrit au §2.4.

Ces dalles sont posées sur une structure porteuse métallique en acier galvanisé (cf. §2.9.3.1), permettant d'avoir des zones d'appui (périphériques et intermédiaires selon le cas) de largeur minimale 40 mm, et dont les entraxes, dans le sens de la portée, n'excèdent pas les valeurs précisées au Tableau 2 (voir aussi Figure 5)

Les dalles MINERALIT sont fixées à la structure porteuse par collage (adhésif et colle polyuréthane) systématiquement doublé d'une fixation mécanique anti-soulèvement par profilés métalliques vissés à la structure porteuse.

2.3. Identification et marquage du produit

Chaque dalle de plancher MINERALIT fait l'objet d'un marquage par une étiquette portant les mentions suivantes :

- Le marquage de conformité (symbole Ü) ;
- Le nom du fabricant ;
- Le site de production ;
- Le numéro de l'agrément technique ;
- La matière et son usage ;
- La norme d'essai et la classe de résistance au feu ;
- Le sens de pose des armatures.

2.4. Domaine d'emploi

Conformément aux dispositions du §2.3 de la NF EN 1990 et son annexe nationale française, compte-tenu du caractère remplaçable des dalles MINERALIT, il convient de retenir la durée d'utilisation de projet de 25 ans pour ces dalles.

Les dalles MINERALIT sont destinées à la réalisation de balcons rapportés :

- Des bâtiments d'habitation de 1^{ère} et 2^{ème} famille ;
- Des bâtiments de bureaux et ERP de 5^{ème} catégorie dont la hauteur du plancher bas le plus haut n'excède pas 8 m ;
- Pour les charges réparties à caractère statique ou quasi-statique des catégories d'usage A, B, C et D (cf. §2.9.4, Tableau 3) ;
- Pour des charges concentrées Q_k n'excédant pas 2,0 kN pour les catégories d'usage A, B, C et D, ce qui constitue pour les catégories d'usage B, C et D une limitation vis-à-vis des charges ponctuelles (de surface d'impact 5 x 5cm) définies dans la norme NF EN 1991-1-1 et son Annexe Nationale ;
- En réhabilitation ou en construction neuve ;
- Et pour lesquels aucune exigence réglementaire vis-à-vis de la résistance au feu n'est demandée.

Les planchers des coursives, passerelles extérieures et circulations à l'air libre, reliant les locaux correspondants aux catégories d'usage A, B, C et D aux escaliers ou permettant de quitter l'immeuble, ne sont pas visés.

L'utilisation des dalles MINERALIT est limitée aux bâtiments ne faisant pas l'objet d'exigences relatives au risque sismique.

Le domaine d'emploi de ces dalles est en outre limité aux cas de charges statiques et quasi-statiques, appliquées perpendiculairement à leur plan (charges réparties ou concentrées).

Les charges concentrées ne doivent pas excéder 2,0 kN.

Les dalles MINERALIT ne participent pas à la stabilité de la structure porteuse sur laquelle elles prennent appui.

Les dalles MINERALIT ne doivent pas servir d'appuis à des éléments de structures.

Le procédé est utilisable dans tout environnement sauf ceux correspondant aux zones exposées aux embruns (XS3 au sens de la norme NF EN 206/CN), aux zones de gel sévère (XF3 et XF4), aux environnements causant une corrosion induite par les chlorures autres que marins (XD) et aux environnements chimiques (XA).

2.5. Matériaux

2.5.1. Béton à liant polymère

Le béton à liant polymère est constitué de l'assemblage des composants suivants :

- Résine : polyméthacrylate de méthyle (PMMA)
- Durcisseur : peroxyde de benzoyle
- Additif : oxyde de titane
- Agrégats : fillers (0 à 0,125 mm), sable de quartz (0,3 à 8 mm)

Il n'existe qu'une seule formulation pour la fabrication des dalles MINERALIT.

Les principales caractéristiques du béton à liant polymère sont :

- Masse volumique min. : $\rho \geq 2,21 \text{ kg/m}^3$ (DIN 1048)
- Résistance à l'abrasion : classe I (DIN 50321)
- Tolérances dimensionnelles de fabrication : DIN 18202 et 18203
- Absorption d'eau : max. 0,1 % (DIN 53103)
- Résistance à la température : $-20^\circ \text{C} / + 80^\circ \text{C}$
- Coefficient de dilatation : $19 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

2.5.2. Armatures de renfort

Les armatures de renfort sont fabriquées par la société Polystahl GmbH en résine polyester insaturée renforcée par des fibres de verre (UP – GF). Les barres d'armature sont fabriquées suivant un processus d'extrusion. Elles présentent un diamètre nominal de 2 mm, 5 mm ou 7,5 mm.

Les principales propriétés mécaniques en fonction de leur diamètre nominal sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Propriétés physiques mécaniques des armatures composites

Propriété		Unités	Norme de référence	Diamètre de la barre		
				2 mm	5 mm	7,5 mm
Taux de renforcement		(%)	EN ISO 1172	$80 \pm 2,5$		
Densité		(g/cm ³)	DIN 534729	2,1		
Coefficient de dilatation thermique		(1/K)	EN ISO 7991	$6,6 \times 10^{-6}$		
Absorption d'eau		(%)	EN ISO 62	$\leq 0,1$		
Poids		(g/m)		$15,00 \pm 4 \%$		
Module d'élasticité		(N/mm ²)	EN ISO 527-4	$> 50\,000$		
Force de traction	à allongement 0,5 %	(N)	EN ISO 527-4	750	4 800	11 928
	à allongement 1,5 %	(N)	EN ISO 527-4	1 750	9 600	23 856
Charge de rupture		(N)	EN ISO 527-4	4 600	29 500	75 350
Résistance à la traction		(N/mm ²)	EN ISO 527-4	1 500	1 500	1 500

La température de transition vitreuse de la résine polyester est $T_g = 170^\circ$.

2.5.3. Matériaux complémentaires

Primaire d'accrochage

Primaire Sika Primaire 3N à appliquer sur support métallique permettant d'améliorer l'adhérence des composants ci-dessous.

Collage à la structure porteuse

Ruban adhésif double face Sika Tape SW 398 de section 12 x 3 mm en mousse de polyuréthane à alvéoles fermées.

Colle SikaBond T2 à base polyuréthane mono-composant :

Temps de formation de la pellicule : 30 – 40 minutes (+ 23°C et 50% HR)

Résistance caractéristique à la traction et au cisaillement : 0,919 N/mm²

Mastic pour joint entre dalles MINERALIT adjacentes

Mastic mono-composant SikaFlex Pro 3 WF à base de polyuréthane (mastic PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4).

Mastic pour joint entre dalles MINERALIT et façade

Mastic élastomère pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) certifié SNJF.

2.5.4. Fixations mécaniques

Fixations mécaniques anti-soulèvement, complémentaires au collage, en acier galvanisé, aluminium ou acier inoxydable choisi en fonction des conditions de corrosivité du projet et en respectant les dispositions minimales du Tableau 4, sous forme d'équerre ou de profil en U d'épaisseur minimale 15/10^{ème} et de largeur minimale 20 mm, vissés sur la structure porteuse au moyen de vis en acier inoxydable A4.

Leurs forme et dimensions sont adaptées à l'épaisseur de la dalle MINERALIT et à la structure porteuse afin d'assurer la fixation à cette dernière (cf. 2.9.5).

2.6. Description des dalles MINERALIT

2.6.1. Principe et gamme

Les dalles MINERALIT sont composées des matériaux décrits aux §2.5.1 et §2.5.2.

La face coffrée lors de fabrication constitue la partie supérieure finie de la dalle à la pose et en service.

Les dalles MINERALIT sont déclinées en trois gammes en fonction de leur épaisseur (Figure 3) :

- MINERALIT 20 : épaisseur nominale 20 mm
- MINERALIT 25 : épaisseur nominale 25 mm
- MINERALIT 35 : épaisseur nominale 35 mm

Les dalles sont renforcées par des armatures composites sous forme de barres ou paquets de barres (Figure 3 et Figure 4) espacé(e)s de 100 mm, dans le respect des dispositions du Tableau 1 ci-après.

Dans tous les cas, l'enrobage des armatures sur la face inférieure (non coffrée) devra être d'au moins 4 mm.

La distance entre l'armature composite et le bord des dalles est 50 mm.

La distance entre les extrémités des armatures composites et le bord des dalles est 10 mm.

Tableau 1 : Armatures de renfort des dalles MINERALIT

Dalle MINERALIT	Barres	Paquets de barres		Enrobage face coffrée (supérieure)
	Diamètre nominal	Diamètre nominal	Diamètre enveloppe	
20	Ø 5 mm	7 x Ø 2 mm	≤ 8 mm	8 mm
25	Ø 5 mm	7 x Ø 2 mm	≤ 8 mm	10 mm
35	Ø 7,5 mm	15 x Ø 2 mm	≤ 12 mm	15 mm

Les tolérances de l'ensemble des dimensions nominales décrites ci-dessus sont précisées en Figure 3).

2.6.2. Dimensions

Les dalles sont fabriquées sur commande pour les dimensions nécessaires au projet, en fonction de la conception de la structure métallique porteuse dans le respect des dispositions du §2.9.

Le format maximal de fabrication des dalles MINERALIT est de :

- Dalle MINERALIT 20 et 25 : 2,00 x 4,00 m ;
- Dalle MINERALIT 35 : 1,58 x 4,00 m.

Ces dimensions maximales s'appliquent indépendamment du sens porteur des dalles MINERALIT (parallèle aux armatures de renfort).

Selon l'orientation choisie des dalles MINERALIT, la disposition des appuis est contrainte par :

- Les configurations d'appuis selon la dalle MINERALIT choisie, et
- Les portées maximales L_{eff} (dans le sens porteur) admissibles, et

- Les portées issues du dimensionnement.

Les dimensions maximales des dalles, les configurations d'appuis admises, ainsi que les portées maximales sont présentées dans le Tableau 2.

En cas de balcons aux dimensions supérieures au format maximal de fabrication ci-dessus, il est possible de juxtaposer des dalles MINERALIT. Les joints entre dalles MINERALIT adjacentes (Figure 13) doivent alors être traités au moyen d'un mastic pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) tel que celui décrit au §0.

2.6.3. Géométrie

Les dalles MINERALIT sont en général de forme rectangulaire.

D'autres variantes géométriques (trapèze, triangle, arrondi, combinaison de formes) décrites en Figure 6 sont possibles et réalisées uniquement en usine.

Les conditions particulières de disposition des appuis et de définition des portées maximales des formes autres que rectangulaires sont précisées en Figure 6.

Dans tous les cas, il convient de respecter les dispositions du Tableau 2 et les principes de dimensionnement (portées maximales, configuration des appuis) décrits aux §2.9.2 et §2.9.3.

2.6.4. Caractéristiques des dalles

2.6.4.1. Poids propre des dalles

La valeur caractéristique de charge permanente g_k issue du poids propre des dalles à prendre en compte pour le calcul des actions E_d est :

- Dalle MINERALIT 20 = 0,5 kN/m²
- Dalle MINERALIT 25 = 0,6 kN/m²
- Dalle MINERALIT 35 = 0,9 kN/m²

2.6.4.2. Résistances caractéristiques et rigidités des dalles MINERALIT

Du fait du positionnement vertical des armatures de renfort composites, les résistances mécaniques des dalles MINERALIT varient selon que la face coffrée (supérieure) des dalles se trouve sollicitée en compression (situation usuelle d'une dalle sur 2 appuis sous charges gravitaires) ou en traction (situation usuelle d'une dalle sur appuis multiples sous charges gravitaires).

On distingue en outre les résistances caractéristiques :

- À la rupture à l'état limite ultime (ELU) ;
- À l'apparition de la 1^{ère} fissure à l'état limite de service (ELS).

On distingue enfin (aussi bien à l'ELU qu'à l'ELS) les résistances caractéristiques sous charge uniformément répartie de celles sous charge concentrée.

Le Tableau 7 liste pour chacune des dalles MINERALIT :

- Les efforts résistants caractéristiques M_{Rk} (moment fléchissant) et V_{Rk} (effort tranchant) sous charge répartie à l'ELU et à l'ELS, selon que la face coffrée soit comprimée ou tendue ;
- La résistance caractéristique sous charge concentrée F_{Rk} ;
- La rigidité caractéristique EI_k .

Ce tableau indique différentes valeurs des courbes d'interaction entre résistances caractéristiques au moment fléchissant M_{Rk} et à l'effort tranchant V_{Rk} des dalles MINERALIT. Pour des valeurs intermédiaires, l'interpolation linéaire est permise.

2.6.4.3. Réaction au feu

Les dalles MINERALIT sont classées A2_n – s1 vis-à-vis de la réaction au feu suivant la norme NF EN 13501-1+A1 :2013 (rapport n° RA18-0092 délivré par le CSTB).

2.6.5. Découpes et réservations

Aucune modification (découpe, percement) des dalles MINERALIT sur chantier n'est admise.

Les réservations en partie courante ou évidements périphériques sont réalisés uniquement en usine lors de la fabrication des dalles. Ils font l'objet de plans d'exécutions précis, préalablement validés par MINERALIT, afin d'éviter les porte-à-faux et de justifier la continuité des appuis périphériques.

Des exemples de réservations et évidements périphériques réalisés en usine sont présentés en Figure 7.

Une seule réservation (circulaire ou rectangulaire) de dimensions maximales limitées à 20 x 20 cm est permise dans une même dalle MINERALIT. La distance au bord de la dalle doit être supérieure ou égale à 100 mm. La zone d'implantation des passages (évacuation d'eaux pluviales) est indiquée dans les plans des dalles (p.ex. cf. Figure 1).

Les évidements en périphérie des dalles MINERALIT (adaptation du périmètre aux parois attenantes) doivent être supportés par la structure métallique porteuse (voir exemples en Figure 7).

2.6.6. Finitions

2.6.6.1. Revêtement

Les dalles MINERALIT font l'objet d'une finition appliquée en usine et ne sont pas destinées à recevoir de revêtement, ni d'étanchéité.

Le système de revêtement appliqué en usine comprend :

- Une couche de préparation de la surface à traiter (primaire) ;
- Une couche décorative au sable de quartz, de granulométrie 0,8 à 1,2 mm ;
- Une couche de fixation.

Les finitions standards sont visibles en Figure 10. Le traitement de surface est visible en Figure 11.

2.6.6.2. Rives

Les dalles peuvent être livrées avec des rives rehaussées par un relevé carré de 20 x 20 mm, ou trapézoïdal de 25 x 15 mm (Figure 8) d'un seul tenant avec la dalle et réalisé en usine.

Les rives au droit des parois verticales peuvent également être pourvues de profils de raccord (plinthes ; cf. Figure 9), revêtues de la même finition que les dalles MINERALIT et posées sur chantier.

2.7. Fabrication

La fabrication des dalles est effectuée dans les usines de la société MINERALIT, sur une ligne de production permettant d'effectuer les opérations de nettoyage, de traçage, de mise en place des armatures, des réservations, de bétonnage, d'étuvage, de démoulage et de traitement de surface.

Les principales étapes de la fabrication sont :

- Nettoyage du moule.
- Dimensionnement du moule.
- Placement des encadrements (réservations, etc...) si nécessaire.
- Positionnement des armatures : les panneaux d'armatures sont assemblés sur un gabarit à cavaliers espaceurs et posés manuellement dans le moule.
- Coulage du béton à liant polymère.
- Vibrage du béton à liant polymère à l'aide d'une table vibrante.
- Séchage au four.
- Démoulage et tournement de la dalle (face moule vers le haut).
- Application de la finition et d'une résine de protection sur la face moule (§2.6.6.1).

2.8. Contrôles de fabrication

La fabrication des dalles MINERALIT fait l'objet d'un contrôle de production en usine (§2.8.1) ainsi que d'un contrôle externe (§2.8.2) réalisé dans le cadre du marquage Ü selon les exigences de l'Agrément technique général n° Z-10.9-427 délivré par le DIBt (Allemagne).

2.8.1. Contrôles internes

2.8.1.1. Sur les matériaux constitutants

2.8.1.1.1. Contrôle sur les armatures

Les barres d'armatures font l'objet d'un contrôle de matière entrante (certificat d'analyse du fournisseur).

En outre, la teneur minimale du taux de renforcement par fibres de verre est mesurée selon la norme DIN EN ISO 1172 au moins trois fois par livraison, et au moins tous les 300 m de barres d'un même diamètre traitées (la fréquence la plus réduite s'applique). Les valeurs individuelles du taux de renforcement ainsi déterminées ne doivent pas être inférieures à la valeur minimale spécifiée au §2.5.2.

2.8.1.1.2. Contrôle sur le béton à liant polymère

Les différents composants du béton à liant polymère, décrits au §2.5.1 (résine, durcisseur, agrégats, etc...), font l'objet d'un contrôle de matière entrante (certificat d'analyse du fournisseur conforme à la norme NF EN 10204).

Un contrôle du taux d'humidité des agrégats est réalisé suivant la norme DIN 1048-5 :1991-06, à raison de deux échantillons de 500 g chacun prélevés par gâchée du mélange d'agrégats (préparé selon la formulation correspondante).

Au moment du coulage des dalles, des échantillons de béton à liant polymère sont prélevés à raison d'un échantillon toutes les trois gâchées et d'au moins un échantillon par m³ de béton à liant polymère traité. Les échantillons sont soumis aux contrôles indiqués à l'Annexe B.

2.8.1.2. Sur la Dalle MINERALIT finie

Les dalles finies font l'objet d'un contrôle visuel portant sur les points suivants :

Avant bétonnage :

- Position des armatures garantissant l'enrobage nécessaire ;
- Position des réservations.

Après bétonnage et avant application du revêtement de finition :

- Planéité des dalles ;
- Absence de défauts, de fissures.

Les dalles finies font également l'objet de contrôles dimensionnels pour vérifier les dimensions et tolérances décrites aux Figures 1 à 3.

2.8.2. Contrôles externes

La fabrication des dalles MINERALIT fait l'objet d'un contrôle externe sur produit fini réalisé dans le cadre du marquage Ü selon les exigences de l'évaluation technique allemande n° Z-10.9-427 délivrée par le DIBt.

Ce contrôle externe équivalent à n niveau d'EVCP 1+ est réalisé 2 fois par an, avec prélèvement d'échantillons et réalisation d'essais, par la société ISP (Institut for Structural Plastics).

Les contrôles portent notamment sur la vérification :

- Des fiches de contrôle interne de fabrication (qui sont enregistrées pour une période d'au moins 5 ans) ;
- Des propriétés mécaniques du béton à liant polymère et des armatures de renforcement.

La conformité des produits est matérialisée par le certificat de conformité délivré par ISP et le marquage Ü apposé sur les produits (autocollant appliqué sur les dalles produites).

2.9. Conception et dimensionnement

2.9.1. Généralités

La conception et la justification des dalles MINERALIT sont réalisées par le bureau d'études de la société MINERALIT ou par le bureau d'études structure de l'opération avec l'assistance de MINERALIT dans les conditions suivantes.

Le bureau d'étude structure en charge du chantier :

- Réalise le dimensionnement de la structure porteuse métallique en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.3 ;
- Réalise le dimensionnement, calepinage et choix des dalles MINERALIT en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.4 ;
- Transmet à MINERALIT pour validation les plans de calepinage, y compris les fixations des dalles à la structure porteuse (après validation, MINERALIT prépare les plans de fabrication) ;
- Transmet le plan de pose des dalles à l'entreprise en charge de la pose.

Les dalles MINERALIT ne doivent pas être prises en compte dans les vérifications de stabilité et de contreventement de la structure métallique porteuse sur laquelle elles prennent appui. En particulier, dans le cas des balcons autoportants, la structure porteuse devra être dûment contreventée.

2.9.2. Principe

Les dalles MINERALIT prennent appui sur une structure porteuse métallique assurant à elle seule la stabilité et le contreventement, et assurant l'appui des dalles sur toute leur périphérie, dans le respect des dimensions maximales de fabrication rappelées au Tableau 2.

Pour les dalles MINERALIT 20 et 25 des appuis intermédiaires dans le sens porteur (parallèlement aux barres de renfort) sont permis.

Pour les dalles MINERALIT 35, seule la configuration sur 2 appuis (1 travée) est admise.

Les dalles MINERALIT sont fixées à la structure métallique porteuse par collage. Cette fixation par collage est systématiquement complétée par des fixations mécaniques anti-soulèvement qu'il convient de dimensionner en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.5, tout en satisfaisant aux dispositions minimales décrites au §2.11.2.3.

Les dalles MINERALIT sont dimensionnées comme des poutres en tenant compte uniquement des appuis dans le sens porteur (parallèle aux armatures de renfort).

Les dalles MINERALIT sont dimensionnées pour supporter des charges appliquées perpendiculairement à leur plan.

Les efforts agissants (moment fléchissant, effort tranchant, poinçonnement sous charge concentrée) sont calculés en considérant les dalles comme des éléments de poutre simplement appuyés sur les appuis dans le sens porteur (parallèle aux armatures composites).

Les dalles MINERALIT sont en outre vérifiées à la rupture accidentelle sous la combinaison à l'ELS rare sans tenir compte de l'effet de la fixation par collage (donc sur 2 appuis, sans tenir compte des éventuels appuis intermédiaires), dans le cas défavorable de vent en soulèvement combiné au seul poids propre des dalles MINERALIT.

En aucun cas la portée des dalles ne pourra excéder les portées maximales admissibles définies au Tableau 2 (voir aussi Figure 5) ou limitées par la vérification à la rupture accidentelle à l'ELS rare sans prise en compte de la fixation par collage.

En cas de balcons aux dimensions supérieures au format maximal de fabrication ci-dessus, il est possible de juxtaposer des dalles MINERALIT. Les joints entre dalles MINERALIT adjacentes (Figure 13) doivent alors être traités au moyen d'un mastic pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) tel que celui décrit au §0.

2.9.3. Structure porteuse

2.9.3.1. Caractéristiques

La structure porteuse est réalisée en acier galvanisé, dont le revêtement de protection, supérieur ou égal à 50 µm dans tous les cas, doit respecter les dispositions minimales du Tableau 4. Les conditions de corrosivité spécifiques au projet, qui doivent être précisées dans les Documents Particuliers du Marché, peuvent nécessiter des dispositions plus sévères que celles décrites au Tableau 5.

La structure porteuse doit permettre en tout point un appui (périphérique et intermédiaire) des dalles MINERALIT d'au moins 40 mm toutes tolérances épuisées.

La flèche de la structure métallique porteuse ne devra pas excéder :

- Flèche totale (NF EN 1993-1-1/NA) : $W_{max} \leq \frac{L_{eff}}{200}$
- Flèche sous charges variables (NF EN 1993-1-1/NA) : $W_3 \leq \frac{L_{eff}}{300}$

2.9.3.2. Dimensionnement

2.9.3.2.1. Dimensionnement en situation normale

La structure porteuse métallique est dimensionnée par le bureau d'études structures de l'opération conformément à la NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale, ainsi qu'aux autres parties de la NF EN 1993-1 applicables au type de structure métallique choisi.

Les assemblages sont dimensionnés selon la NF EN 1993-1-8 et son Annexe Nationale ainsi que les Recommandations CNC2M pour le dimensionnement des assemblages selon la NF 1993-1-8.

Les fixations dans le béton par chevilles métalliques sont dimensionnées selon NF EN 1992-4.

Les fixations dans le bois ou matériau à base de bois sont dimensionnées selon NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale, le cas échéant complétées des dispositions de l'ETE de l'organe de fixation concerné.

2.9.3.2.2. Dimensionnement en situation d'incendie

Bien que les dalles MINERALIT soient destinées à la réalisation de balcons rapportés des bâtiments d'habitation pour lesquels aucune exigence réglementaire vis-à-vis de la résistance au feu n'est demandée, il est rappelé qu'en référence à l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié, l'ossature porteuse indépendante doit être stable au feu ½ heure (R30).

Le dimensionnement de la structure porteuse est réalisé conformément à la NF EN 1993-1-2 et son Annexe Nationale.

Compte-tenu de la localisation extérieure de cette structure, la vérification est réalisée conformément au §4.2.5.4 de la NF EN 1993-1-2 (novembre 2005) :

- En application de la méthode de l'Annexe B (normative) de la NF EN 1993-1-2 (novembre 2005) et son Annexe Nationale, et
- Au moyen du modèle donné dans l'Annexe B de la NF EN 1991-1-2 (juillet 2003) rendue normative par l'Annexe Nationale française (février 2007), décrivant les conditions de compartiment et les flammes émanant des ouvertures, à partir desquelles le calcul des flux thermique par rayonnement et par convection est basé.

Dans le cas où un niveau d'exigence en termes de résistance au feu est demandé pour un chantier spécifique, le comportement au feu du balcon rapporté avec dalle MINERALIT doit faire l'objet d'un avis de chantier délivré par un laboratoire agréé.

2.9.3.3. Entraxes de l'ossature support

La structure porteuse métallique doit être conçue afin de respecter les configurations d'appuis admises et les distances maximales entre appuis périphériques des dalles MINERALIT du Tableau 2 ci-dessous (voir aussi Figure 5).

Tableau 2 : Dimensions maximales et configurations admises

Epaisseur [mm]	Longueur (sens porteur) L_e [mm]	Largeur (sens non porteur) b_e [mm]	Portée maximale		Nombre d'appuis pour $L = L_{eff}$ n
			L_{eff} [mm]	B_{eff} [mm]	
20	≤ 4000	≤ 2000	640	1 960	$2 \leq n \leq 7$
	≤ 2000	≤ 4000		3 960	$2 \leq n \leq 4$
25	≤ 4000	≤ 2000	960	1 960	$2 \leq n \leq 5$
	≤ 2000	≤ 4000		3 960	2 ou 3
35	≤ 1580	≤ 4000	1 540	3 960	Sur 2 appuis uniquement

La portée maximale L_{eff} (Figure 5) s'entend entre axe des appuis et concerne uniquement le sens porteur (parallèle aux armatures de renfort) des dalles MINERALIT.

La portée maximale B_{eff} s'entend entre axe des appuis dans la direction perpendiculaire au sens porteur.

Le principe des appuis et la définition des dimensions L_e , b_e , L_{eff} et B_{eff} sont illustrés en Figure 1 (configuration sur appuis multiples) et en Figure 2 (configuration sur 2 appuis).

Les dimensions maximales du format de dalle s'appliquent indépendamment du sens porteur des dalles MINERALIT.

Dans le cas de formes de dalle MINERALIT autres que rectangulaires, il convient de respecter les conditions particulières de disposition des appuis et de définition des portées maximales précisées en Figure 6.

En cas de balcons aux dimensions supérieures au format maximal de fabrication ci-dessus, il est possible de juxtaposer des dalles MINERALIT. Il convient alors d'assurer un joint entre dalles MINERALIT adjacentes (Figure 13) d'au moins 12 mm (dalle MINERALIT 20) respectivement 13 mm (dalles MINERALIT 25 ou 35) toutes tolérances épuisées, sans excéder 20 mm.

2.9.4. Dimensionnement des dalles MINERALIT

Le Tableau 3 liste les entraxes maximaux admissibles des dalles MINERALIT pour les configurations de chargement les plus courantes dans les limites du cadre de validité précisé à la suite du tableau. Il précise également les longueurs maximales limitées par la vérification à la rupture accidentelle à l'ELS rare sans prise en compte de la fixation par collage en fonction de l'effort de vent indiqué.

Les charges concentrées ne doivent en aucun cas excéder 2,0 kN.

Alternativement, ou pour les cas non couverts par le tableau ci-dessous, les vérifications sont menées selon la méthode décrite en Annexe A.

Tableau 3 : Entraxes maximales admissibles L_{eff} (mm) pour les configurations de chargement les plus courantes

Neige s_k (kN/m ²)			≤ 0.65	≤ 0.90	≤ 1.15	≤ 1.40	≤ 2.00	≤ 3.60
Dalle	Appuis	Longueur L_e maximale (mm)	Catégorie A ($q_k = 3,5$ kN/m ² - $Q_k = 2,0$ kN)					
			Pression de vent $q_p(z) \leq 700$ Pa					
20	≥ 2	4 000	640					
25	≥ 2	4 000	960					750
35	2	1 580	1 540				1 520	1 350
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,000$ Pa								
20	≥ 2	3 200	640					
25	≥ 2	3 800	960					750
35	2	1 580	1 540				1 520	1 350
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,300$ Pa								
20	≥ 2	2 700	640					
25	≥ 2	3 180	960				930	750
35	2	1 580	1 540				1 520	1 350
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,600$ Pa								
20	≥ 2	2 400	640					
25	≥ 2	2 800	940	930	910	890	860	710
35	2	1 580	1 530	1 520	1 510	1 500	1 480	1 350
Dalle	Appuis	Longueur L_e maximale (mm)	Catégorie B, C1, C2 et C3 ($q_k \leq 4,0$ kN/m ² - $Q_k \leq 2,0$ kN)					
			Pression de vent $q_p(z) \leq 700$ Pa					
20	≥ 2	4 000	640					
25	≥ 2	4 000	960				930	700
35	2	1 580	1 540	1 530	1 510	1 500	1 470	1 310
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,000$ Pa								
20	≥ 2	3 200	640					
25	≥ 2	3 800	960				910	700
35	2	1 580	1 540	1 530	1 510	1 500	1 470	1 310
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,300$ Pa								
20	≥ 2	2 700	640					
25	≥ 2	3 180	960	940	920	910	870	700
35	2	1 580	1 540	1 530	1 510	1 500	1 470	1 310
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,600$ Pa								
20	≥ 2	2 400	640					
25	≥ 2	2 800	900	880	860	850	820	680
35	2	1 580	1 500	1 490	1 480	1 470	1 450	1 310
Dalle	Appuis	Longueur L_e maximale (mm)	Catégorie C4, C4, D1 et D2 ($q_k \leq 5,0$ kN/m ² - $Q_k \leq 2,0$ kN)					
			Pression de vent $q_p(z) \leq 700$ Pa					
20	≥ 2	4 000	640					
25	≥ 2	4 000	870	860	840	820	780	610
35	2	1 580	1 440	1 430	1 420	1 410	1 380	1 250
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,000$ Pa								
20	≥ 2	3 200	640					
25	≥ 2	3 800	870	860	840	820	780	610
35	2	1 580	1 440	1 430	1 420	1 410	1 380	1 250
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,300$ Pa								
20	≥ 2	2 700	640					
25	≥ 2	3 180	830	810	800	790	760k	610
35	2	1 580	1 440	1 430	1 420	1 410	1 380	1 250
Pression de vent $q_p(z) \leq 1\,600$ Pa								
20	≥ 2	2 400	640					
25	≥ 2	2 800	790	780	770	750	730	610
35	2	1 580	1 440	1 430	1 420	1 410	1 380	1 250

Cadre de validité du Tableau 3 :

- Dans le cas d'appuis multiples (3 appuis ou plus), les travées sont toutes de longueur identique.
- Le dimensionnement est réalisé conformément à la méthode décrite en Annexe A et dans le respect des formats maximaux et nombre d'appuis du Tableau 2.
- La longueur maximale des dalles MINERALIT dans le sens de la portée (et donc le nombre d'appui) est limitée par la vérification à la rupture accidentelle à l'ELS rare sans prise en compte de l'effet de la fixation par collage sous action du vent en soulèvement combiné au poids propre des dalles MINERALIT seul.
- Les dalles MINERALIT n'étant pas destinées à recevoir de revêtement, elles ne sont pas soumises à une charge permanente g_k autre que celle induite par leur poids propre (cf. §2.6.4.1).
- Les charges concentrées Q_k sont limitées à 2,0 kN quelle que soit la catégorie d'usage du bâtiment, selon l'hypothèse que des charges concentrées supérieures définies dans la NF EN 1991-1-1/AN ne concernent pas une zone de balcon.
- Action de la neige :
 - Le tableau couvre l'ensemble des régions de neige de France Européenne jusqu'à une altitude de 1 000 m.
 - L'action caractéristique s_k est déterminée selon la NF EN 1991-1-3 et son AN, avant application des coefficients C_e , C_t et μ . Le tableau est basé sur les valeurs suivantes de ces coefficients :
 - Coefficient d'exposition : $C_e = 1,0$ (NF EN 1991-1-3/AN, §5.2(7))
 - Coefficient thermique : $C_t = 1,0$ (NF EN 1991-1-3/AN, §5.2(7))
 - Coefficient de forme : $\mu = 1,0$ (NF EN 1991-1-3/AN, Annexe B valeur moyenne pour $\mu_1 = 0,0$ et $\mu_2 = 2,0$)
 - La neige exceptionnelle a été systématiquement vérifiée à raison de $s_{Ad} = 1,35$ kN/m² pour $s_k = 0,65$ kN/m² et $s_{Ad} = 1,80$ kN/m² pour les valeurs de $s_k > 0,65$ kN/m².
- Action du vent :
 - Le tableau couvre l'ensemble des régions de vent de France Européenne pour des hauteurs de bâtiment jusqu'à 18 m (R+4).
 - Les pressions de vent q_p ($z = 18$ m) sont déterminées selon la NF EN 1991-1-4/AN sur la base des coefficients suivants :
 - Coefficient de direction : $C_{dir} = 1,0$ (NF EN 1991-1-4/AN, §4.2(2))
 - Coefficient de saison : $C_{season} = 1,0$ (NF EN 1991-1-4/AN, §4.2(2))
 - Coefficient d'orographie : $C_0 = 1,0$ (NF EN 1991-1-4/AN, §4.3.1(1))
 - L'action caractéristique du vent $w_k = C_{pe} \cdot q_p(z)$ est calculée sur la base d'un coefficient $C_{pe} = +/- 2,0$ (« Recommandations pour le calcul des effets du vent sur les constructions » de la CECM, §3.4, Fig. A1.15)
 - L'action du vent est systématiquement vérifiée en pression et en dépression.
- Conditions aux appuis : les appuis satisfont aux dispositions du §2.9.2 ; la fixation par collage (réalisée conformément aux dispositions du §2.11.2) est systématiquement complétée par des fixations mécaniques anti-soulèvement qu'il convient de dimensionner en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.5, tout en satisfaisant aux dispositions minimales décrites au §2.11.2.3.

2.9.5. Fixations mécaniques anti-soulèvement

Les dalles MINERALIT sont fixées à la structure métallique porteuse par collage. Cette fixation par collage est systématiquement complétée par des fixations mécaniques anti-soulèvement en périphérie des dalles MINERALIT telles que décrites au §2.5.4.

Ces fixations mécaniques sont dimensionnées vis-à-vis des actions du vent en soulèvement par le bureau d'études structures de l'opération conformément à la NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale (profilés métalliques) ou à la NF EN 1999-1-1 et son Annexe Nationale (profilés aluminium), afin de reprendre un effort de soulèvement (vent) ELS minimal de 1,5 kN/ml.

Il convient en outre de respecter les dispositions minimales décrites au §2.11.2.3.

Les assemblages sont dimensionnés selon la NF EN 1993-1-8 et son Annexe Nationale ainsi que les *Recommandations CNC2M pour le dimensionnement des assemblages selon la NF 1993-1-8*.

Il convient en outre de respecter les dispositions minimales suivantes :

- Les équerres ou profils en U sont :
 - En acier galvanisé, aluminium ou acier inoxydable, choisi en fonction des conditions de corrosivité de l'ouvrage, en respectant les dispositions minimales du Tableau 4 ;
 - D'épaisseur minimale 15/10ème et de largeur minimale 20 mm ;
 - De dimensions permettant de ménager un jeu après installation de 1 à 2 mm avec l'about et la surface de la dalle MINERALIT ainsi que la structure métallique porteuse, assuré par des rondelles ou cales PVC ;
 - Vissées sur la structure porteuse au moyen de vis en acier inoxydable A4 ;
- Le nombre de fixations est déterminé par la reprise des efforts de vent en soulèvement, sans pour autant être inférieur à 2 par côté de la dalle MINERALIT (à l'exception des éventuels bords non accessibles) ;
- Les fixations sont de préférence équiréparties le long de chaque bord de la dalle MINERALIT – une implantation identique à celle des poteaux de garde-corps est admise lorsque le système de fixation des garde-corps le permet.

Tableau 4 : Guide de choix des matériaux de fixation mécanique et de la structure porteuse selon la classe de corrosivité

Classe de corrosivité ¹⁾	Acier galvanisé Z235 ²⁾	Aluminium ³⁾	Acier inoxydable ⁴⁾
C1 / C2	≥ 50 µm	EN AW-6082	304L (1.4307) Inox A2
C3	≥ 120 µm	EN AW-6082 ⁵⁾ d'ép. ≥ 3 mm ou EN AW-7020 ⁵⁾	316L (1.4404) Inox A4
C4	≥ 250 µm		
C5 I	≥ 420 µm	EN AW-7020 ⁵⁾	318LN (1.4462)
C5 M			

¹⁾ Classe de corrosivité selon NF EN ISO 12944-2.

²⁾ Acier galvanisé conforme à la NF EN 10025. Epaisseur minimale de revêtement, susceptible de devoir être augmentée selon les conditions de corrosivité spécifiques au projet.

³⁾ Aluminium conforme à la NF EN 573, à l'état de traitement thermique complet (T6). Les nuances d'aluminium sont indiquées sur la base d'une correspondance des définitions du Tableau D.1 de la NF EN 1999-1-1 avec celles des classes de l'ISO 12944-2.

⁴⁾ Acier inoxydable conforme à la NF EN 10088. Les nuances d'acier inoxydable sont indiquées sur la base d'une correspondance des définitions des Tableaux A.1 et A.2 de la NF EN 1993-1-4 avec celles des classes de l'ISO 12944-2 (CRC II pour C1/C2 ; CRC III pour C3, C4 et C5 I ; CRC IV pour C5 M).

⁵⁾ Selon les conditions de corrosivité spécifiques au projet, un revêtement de protection complémentaire conforme à la NF EN 1090-3 peut s'avérer nécessaire.

Les conditions de corrosivité spécifiques au projet, qui doivent être précisées dans les Documents Particuliers du Marché, peuvent nécessiter des dispositions plus sévères que celles décrites dans le Tableau 4.

Les rondelles ou cales PVC mises en œuvre afin d'assurer le jeu d'après installation de 1 à 2 mm avec l'about et la surface de la dalle MINERALIT ainsi que la structure métallique porteuse, visent également à éviter la corrosion bimétallique.

2.10. Fourniture et assistance technique

La fabrication des dalles est réalisée par le titulaire du présent Avis Technique dans son usine à LAAGE (Allemagne).

La conception et la justification des dalles MINERALIT sont réalisées par le bureau d'études de la société MINERALIT ou par le bureau d'études structures de l'opération avec l'assistance de MINERALIT dans les conditions suivantes.

Le bureau d'étude structures en charge du chantier :

- Réalise le dimensionnement de la structure porteuse en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.3 ;
- Réalise le dimensionnement, calepinage et choix des dalles MINERALIT en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.4 ;
- Transmet à MINERALIT pour validation les plans de calepinage, y compris les fixations des dalles à la structure porteuse.
- Après validation, MINERALIT prépare les plans de fabrication.
- Transmet le plan de pose des dalles à l'entreprise en charge de la pose.

Les plans de fabrication et la fabrication sont réalisés par MINERALIT.

Pour leur expédition les dalles MINERALIT sont posées à plat sur des palettes métalliques consignées, avec un intercalage et cerclage de protection.

Le stockage doit se faire sur une aire plane, horizontale, stabilisée et sans végétation en évitant tout contact avec le sol.

La mise en œuvre sur chantier est effectuée par des entreprises (en générale les entreprises de charpente métallique) préalablement formées par MINERALIT par le biais de son réseau technico-commercial établi en France, qui fournit également une assistance technique sur demande.

2.11. Mise en œuvre

2.11.1. Structure métallique porteuse

La structure métallique porteuse est réalisée par l'entreprise titulaire de ce lot, conformément au NF DTU 32.1 et à la NF EN 1090-2.

Le titulaire du lot s'assurera notamment de l'absence, toutes tolérances épuisées, de contrepente de la structure finie vis-à-vis de la direction d'écoulement du balcon initialement prévue.

L'ossature support ne doit pas présenter de défauts de planéité tels que désaffleurements, balèvres, bosses et irrégularités diverses. Les surfaces doivent être exemptes de traces d'huiles, de graisses ou autres matières pouvant nuire à l'adhérence des joints.

2.11.2. Mise en œuvre des dalles MINERALIT

La pose des dalles MINERALIT est réalisée par toute entreprise de pose, ayant suivi une formation fournie par le titulaire.

Les dalles MINERALIT sont posées à l'aide d'une grue équipée d'un palonnier à ventouses, en veillant à ce que la dalle soit présentée parallèlement à l'ossature support (à l'horizontale).

L'approvisionnement des dalles est fait selon le plan défini par l'entreprise chargée de l'exécution des travaux.

L'entreprise de pose veille notamment :

- Au nettoyage des supports préalable au collage des dalles MINERALIT ;
- A la mise en œuvre et au respect des dispositions relatives :
 - A la fixation par collage des dalles MINERALIT (§2.11.2.1)
 - A la réalisation des joints (§2.11.2.2), conformément aux recommandations et documents de mise en œuvre de Sika ;
- A la pose des fixations mécaniques anti-soulèvement dans le respect du plan de pose et des autres dispositions relatives à leur mise en œuvre (§2.11.2.3).

2.11.2.1. Fixation des dalles MINERALIT par collage

La fixation par collage des dalles MINERALIT est réalisée comme suit (Figure 12) :

- Application d'un primaire d'adhérence de type Sika Primer 3N conformément aux recommandations et documents de mise en œuvre du fabricant ;
- Application sur chaque appui d'un joint colle continu du système SikaTack Panel comprenant :
 - Un ruban adhésif double face Sika Tape SW 398 de section 12 x 3 mm ; et
 - Un cordon de colle SikaBond Ts2 appliqué au pistolet en utilisant la buse spéciale en V (8 x 10 mm).
- Retrait du film de protection du ruban adhésif Sika Tape SW 398 ;
- Pose de la dalle MINERALIT.

2.11.2.2. Joints entre dalles

En cas de balcons aux dimensions supérieures au format maximal de fabrication du Tableau 2, il est possible de juxtaposer des dalles MINERALIT. Il convient alors d'assurer un joint entre dalles MINERALIT adjacentes (Figure 13) d'au moins 12 mm (dalle MINERALIT 20) respectivement 13 mm (dalles MINERALIT 25 ou 35) toutes tolérances épuisées, sans excéder 20 mm.

Le joint entre dalles adjacentes est alors traité comme suit, après la pose et la fixation par collage des dalles MINERALIT :

- Mise en place d'un fond de joint polyéthylène :
 - Dalle MINERALIT 20 : juxtaposer 2 joints polyéthylène Ø 6 mm ;
 - Dalle MINERALIT 25 et 35 : 1 joint polyéthylène de Ø 13 mm ;
- Remplissage du vide restant en joint continu, avec mastic SikaFlex PRO 3 WF, à l'aide d'un pistolet d'extrusion en prenant soin d'éviter toute inclusion d'air.
- Lissage à l'aide d'une spatule.

2.11.2.3. Fixations mécaniques

La fixation par collage est systématiquement complétée par des fixations mécaniques anti-soulèvement en périphérie des dalles MINERALIT telles que décrites au §2.5.4, et mises en œuvre après la fixation par collage et le traitement éventuel des joints entre dalles.

Le principe de ces fixations mécaniques est illustré en Figure 12.

Il convient en outre de respecter lors de la mise en œuvre les dispositions suivantes :

- Mise en place des rondelles ou cales PVC permettant d'assurer un jeu après installation de 1 à 2 mm avec l'about et la surface de la dalle MINERALIT ;
- Respect du plan de pose en veillant notamment à ce que :
 - Le nombre de fixations ne soit pas inférieur à 2 par côté de la dalle MINERALIT (sauf bords non accessibles) ;
 - Les fixations soient équiréparties le long de chaque bord de la dalle MINERALIT.

Une implantation des fixations mécaniques identique à celle des poteaux de garde-corps est admise lorsque le système de fixation des garde-corps le permet (Figure 14).

2.11.2.4. Joint entre dalle et façade

Selon la conception retenue, les joints éventuels entre dalles MINERALIT et façade adjacente sont traités au moyen d'un mastic élastomère pour joints de sol non structuraux (PW EXT-INC CC selon NF EN 15651-4) certifié SNJF mis en œuvre conformément aux recommandations et documents de mise en œuvre du fabricant.

2.11.2.5. Exemples de conception et de mise en œuvre

Les dalles MINERALIT permettent de nombreuses configurations de balcons et d'écoulement, dont des exemples de conception et de mise en œuvre sont donnés en annexe :

- Pente vers l'extrémité du balcon (Figure 15) ;
- Joint périphérique et pente vers un écoulement côté façade (Figure 16) ;
- Ecoulement vers un chéneau périphérique intégré à la structure métallique porteuse (Figure 17 et Figure 18) ;
- Ecoulement par bonde à passoire dans une réservation (réalisée en usine) prévue à cet effet dans la dalle MINERALIT (Figure 19) ;
- Evacuation avec caniveau de balcon à grille perforée (Figure 20).

2.12. Résultats expérimentaux

- Rapport d'essais n° 05-004 IFBT de Leipzig, « Résistance du joint de collage entre MINERALIT et support métallique avec SikaBond®-T2 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/063.Z1 « Essais de flexion pour l'évaluation comparative de la capacité de charge et des essais de contrôle sur des éprouvettes en béton polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) MINERALIT 20 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/063.Z2 « Essais de flexion pour l'évaluation comparative de la capacité de charge et des essais de contrôle sur des éprouvettes en béton polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) MINERALIT 20 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/063.Z3 « Essais de flexion pour l'évaluation comparative de la capacité de charge et des essais de contrôle sur des éprouvettes en béton polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) MINERALIT 35 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/063.Z3 « Essais de flexion pour l'évaluation comparative de la capacité de charge et des essais de contrôle sur des éprouvettes en béton polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) MINERALIT 20 et MINERALIT 35 »
- ISP Institute for structural plastics 2015-022-P03: « Essais d'évaluation de la stabilité de Panneaux en béton polymère avec un renfort GF-UP pour être utilisés comme plancher de balcon MINERALIT 20 »
- ISP Institute for structural plastics 2015-022-P02 : « Essais d'évaluation de la stabilité de Panneaux en béton polymère avec un renfort GF-UP pour être utilisés comme plancher de balcon MINERALIT 25 »
- ISP Institute for structural plastics 2015-022-P01 : « Essais d'évaluation de la stabilité de Panneaux en béton polymère avec un renfort GF-UP pour être utilisés comme plancher de balcon MINERALIT 35 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/03.1BE : « Essais d'évaluation de la capacité portante et de l'état de service des dalles en béton armé avec du polyméthylméthacrylate (PMMA) servant de dalles de balcon dans des aménagements à travée unique et multiples sous sollicitation ponctuelle MINERALIT 20 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/03.2BE : « Essais d'évaluation de la capacité portante et de l'état de service des dalles en béton armé avec du polyméthylméthacrylate (PMMA) servant de dalles de balcon dans des aménagements à travée unique et multiples sous sollicitation ponctuelle MINERALIT 25 »
- Université de Rostock. Rapport d'essai n° U000028 (2000.) « Détermination des résistances à la flexion, à la pression et à la compression, dépendantes de la température, de la dilatation thermique et d'autres propriétés d'échantillons de béton polymère (MINERALIT) à teneur réduite en résine »
- Université de Rostock. Rapport d'essai n° U200002 (1999) « Etudes sur le comportement de longue durée des dalles traditionnelles en béton polymère, menées sur des échantillons de grandeur réelle »
- Université de Rostock. Rapport d'essai n° U200004 (1999) « Etudes sur le comportement de longue durée des dalles traditionnelles en béton polymère, menées sur des échantillons de grandeur réelle »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/03.1BE : « Évaluation de la capacité portante des dalles en béton armé de polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) pour utilisation comme dalles de plancher de balcon à double face dans le cadre d'une procédure d'homologation générale des bâtiments »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/03.1G : « Évaluation de la capacité portante des dalles en béton armé de polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) pour utilisation comme dalles de plancher de balcon à travée simple ou composée dans le cadre d'une procédure d'homologation générale des bâtiments MINERALIT 20 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/03.2G : « Évaluation de la capacité portante des dalles en béton armé de polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) pour utilisation comme dalles de plancher de balcon à travée simple ou composée dans le cadre d'une procédure d'homologation générale des bâtiments MINERALIT 25 »
- KPF Kunststoffprüfstelle Franken : Rapport d'essai n° 78/03.3G : « Évaluation de la capacité portante des dalles en béton armé de polymère avec liant polyméthacrylate de méthyle (PMMA) pour utilisation comme dalles de plancher de balcon à travée simple ou composée dans le cadre d'une procédure d'homologation générale des bâtiments MINERALIT 35 »
- CSTB Rapport de classement européen de réaction au feu n° RA18-0092.
- Prüfinstitut für das Brandverhalten von Bauprodukten Rapport PB-HOCH : Rapport d'essais 151106 (2015) réaction au feu selon DIN EN ISO 1716.
- Prüfinstitut für das Brandverhalten von Bauprodukten Rapport PB-HOCH : Rapport d'essais 151107 (2015) réaction au feu selon DIN EN ISO 9239-1.
- Agrément technique général n° Z-10.9-427 du DIBt de Berlin, validité : jusqu'au 01.02.2023.

2.13. Références

2.13.1. Données Environnementales¹

Le procédé de dalle pour balcon « MINERALIT » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

¹ Non examiné par le Groupe spécialisé dans le cadre de cet Avis.

2.13.2. Autres références

Les dalles MINERALIT sont commercialisées depuis 1996 et représente pour 2015 une production de 55000 m2. Le procédé est mis en œuvre en France depuis 2008. Ci-dessous, quelques exemples de chantiers récents réalisés :

1) Usage du bâtiment : Habitation

Surface : 326 m2 :

Maître d'ouvrage : Habitation Moderne - 24 route de l'Hôpital - 67000 - Strasbourg

Architecte : Naos Architecture - 19 rue de Dunkerque - 67000 - Strasbourg

Adresse du chantier : Cité Westhoffen à Strasbourg

2) Usage du bâtiment : Habitation

Surface : 204 m2 :

Maître d'ouvrage : Habitation de Haute Alsace - 13 rue Curie - 68000 - Colmar

Bureau d'études : Cerebat - 6 rue de Thann - 68200 - Mulhouse

Adresse du chantier : route de Turckheim - 68040 - Ingersheim

3) Usage du bâtiment : Habitation

Surface : 218 m2 :

Maître d'ouvrage : Mulhouse Habitat - 20 Bd de la Marseillaise - 68100 - Mulhouse

Architecte : Rey Lucquet et associés - 57 route de l'Hôpital - 67100 - Strasbourg

Adresse du chantier : Bourtzwiller

4) Usage du bâtiment : Habitation

Surface : 272 m2 :

Maître d'ouvrage : LogiEst - 16 rue de la Bourse - 68100 - Mulhouse

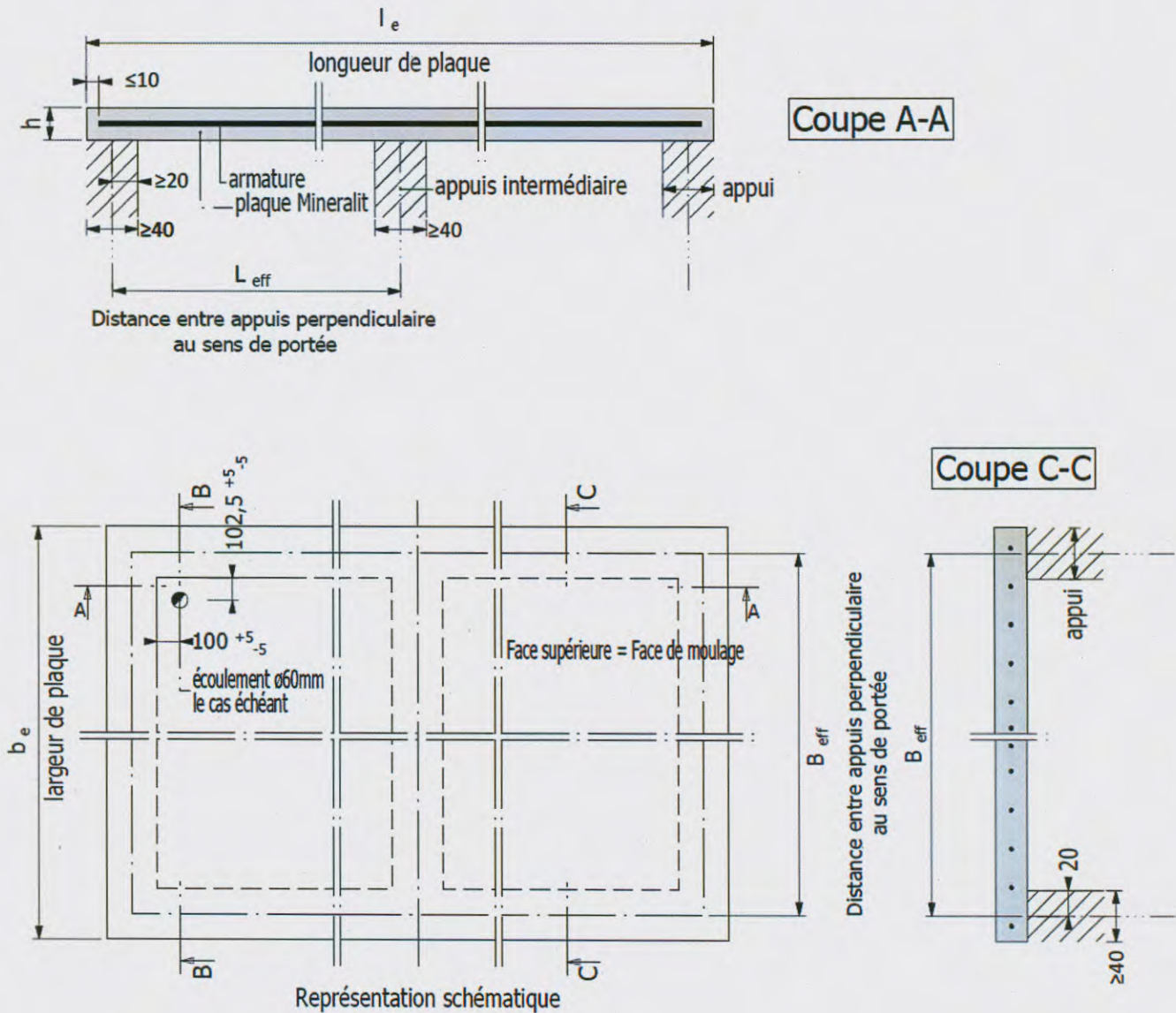
Adresse du chantier : rue de Toulon - 68100 - Mulhouse

2.14. Annexes du Dossier Technique

2.14.1. Liste des Figures du Dossier Technique

Figure 1 : Dalle MINERALIT appuyée sur ses 4 côtés AVEC support intermédiaire	23
Figure 2 : Dalle MINERALIT appuyée sur quatre côtés sans support intermédiaire	24
Figure 3 : Dalles MINERALIT : Position des armatures de renforts, enrobages et tolérances	25
Figure 4 : Armatures des dalles MINERALIT : Barres et paquet de barres.	26
Figure 5 : Entraxes maximaux des appuis de dalles MINERALIT	27
Figure 6 : Variantes géométriques : formes, sens de portée et dispositions des appuis	28
Figure 7 : Exemples de découpes et de percements	29
Figure 8 : Traitement des rives de balcon	30
Figure 9 : Profils de raccord mur / dalle	30
Figure 10 : Finitions standards grisées	31
Figure 11 : Traitements de surface	31
Figure 12 : Fixation par collage des dalles MINERALIT à la structure porteuse métallique	32
Figure 13 : Traitement des joints entre dalles MINERALIT adjacentes	32
Figure 14 : Exemple de positionnement des équerres anti-soulèvement au droit des appuis de garde-corps	33
Figure 15 : Exemple de mise en œuvre – Pente vers l'extrémité du balcon	34
Figure 16 : Exemple de mise en œuvre – Joint périphérique et pente vers l'écoulement côté façade	34
Figure 17 : Exemple de mise en œuvre – Chéneau périphérique intégré à la structure (1)	35
Figure 18 : Exemple de mise en œuvre – Chéneau périphérique intégré à la structure métallique (2)	35
Figure 19 : Exemple d'évacuation avec bonde à passoire	36
Figure 20 : Exemple d'évacuation avec caniveau de balcon à grille perforée.	36

Figure 1 : Dalle MINERALIT appuyée sur ses 4 côtés AVEC support intermédiaire



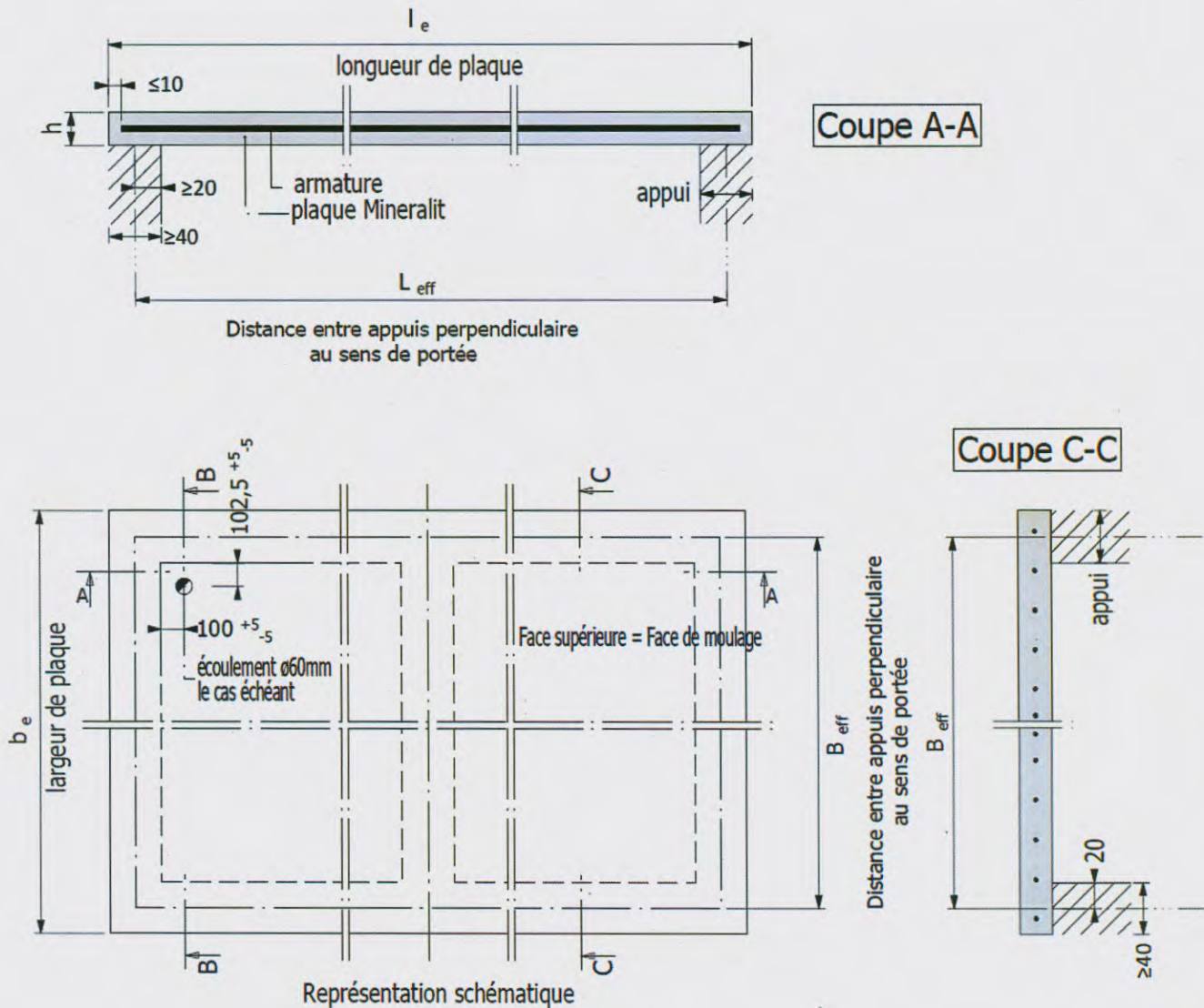
Dimensions en mm

(Coupe B-B : voir Figure 3)

(Toutes les dimensions sont en mm)

(Portées maximales L_{eff} et B_{eff} : voir Figure 5)

Figure 2 : Dalle MINERALIT appuyée sur quatre côtés sans support intermédiaire



Dimensions en mm

(coupe B-B : voir Figure 3)

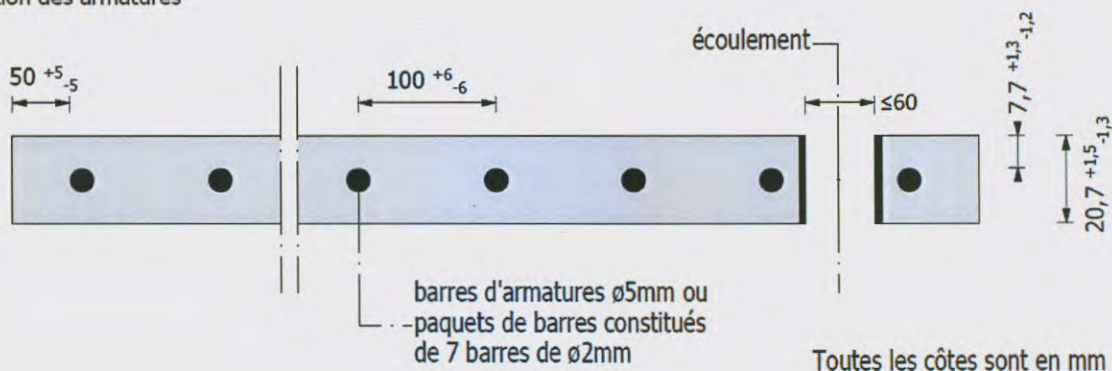
(Toutes les dimensions sont en mm)

(Portées maximales L_{eff} et B_{eff} : voir Figure 5)

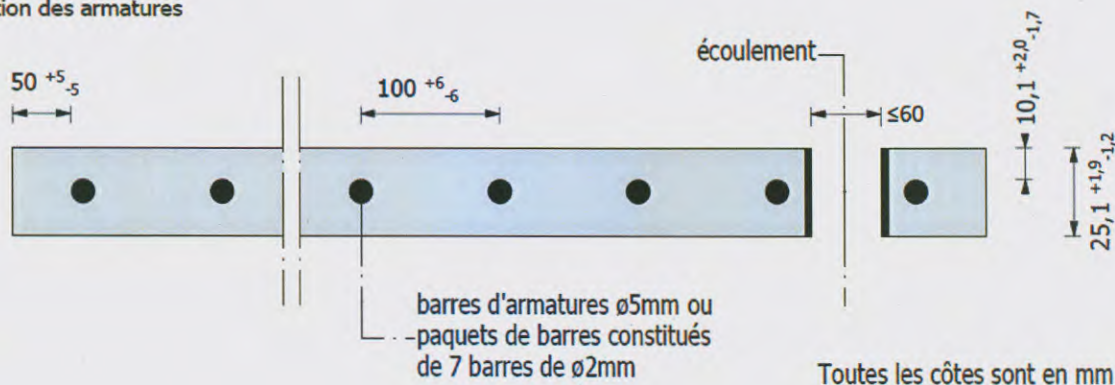
Figure 3 : Dalles MINERALIT : Position des armatures de renforts, enrobages et tolérances

Dalle MINERALIT 20**Coupe B-B**

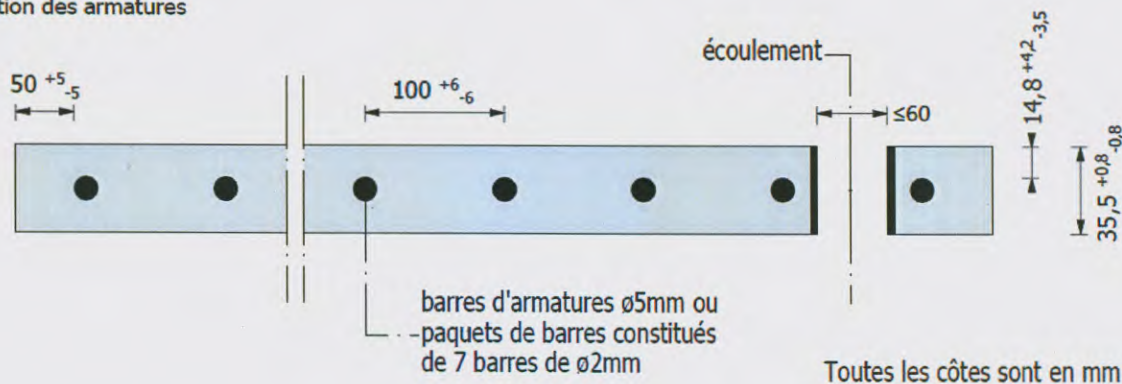
Position des armatures

**Dalle MINERALIT 25****Coupe B-B**

Position des armatures

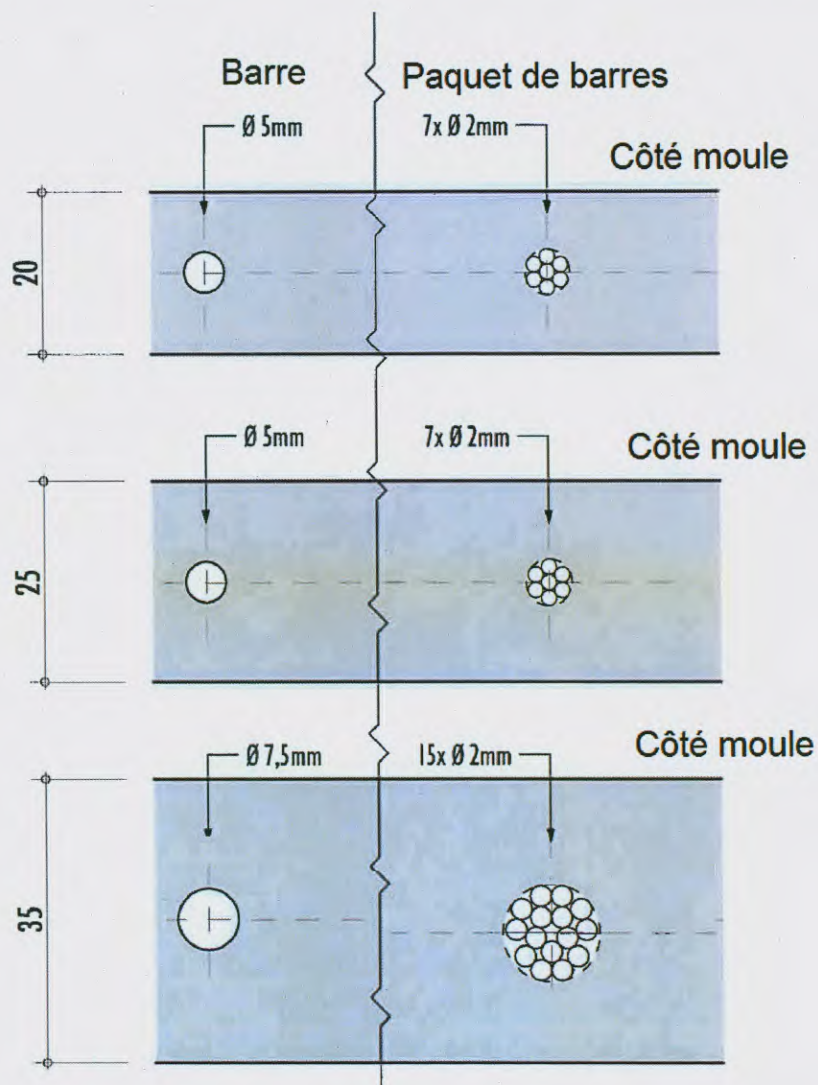
**Dalle MINERALIT 35****Coupe B-B**

Position des armatures



(Toutes les dimensions sont en mm)

Figure 4 : Armatures des dalles MINERALIT : Barres et paquet de barres.



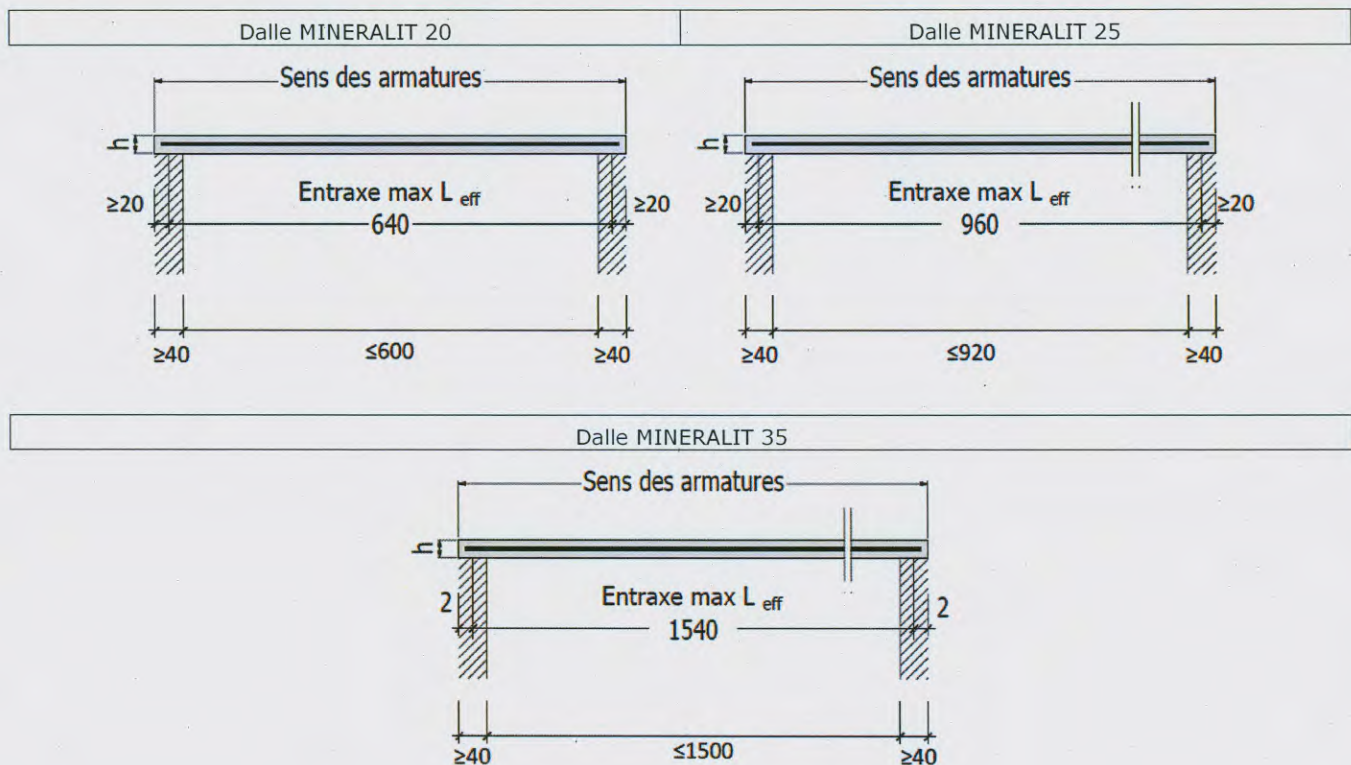
Les barres et paquets de barres respectent les dispositions des §2.5.2 et §2.6.1 et ainsi que du Tableau 1.

Le tableau ci-dessous rappelle les sections des barres de renfort, leur nombre et leur espacement :

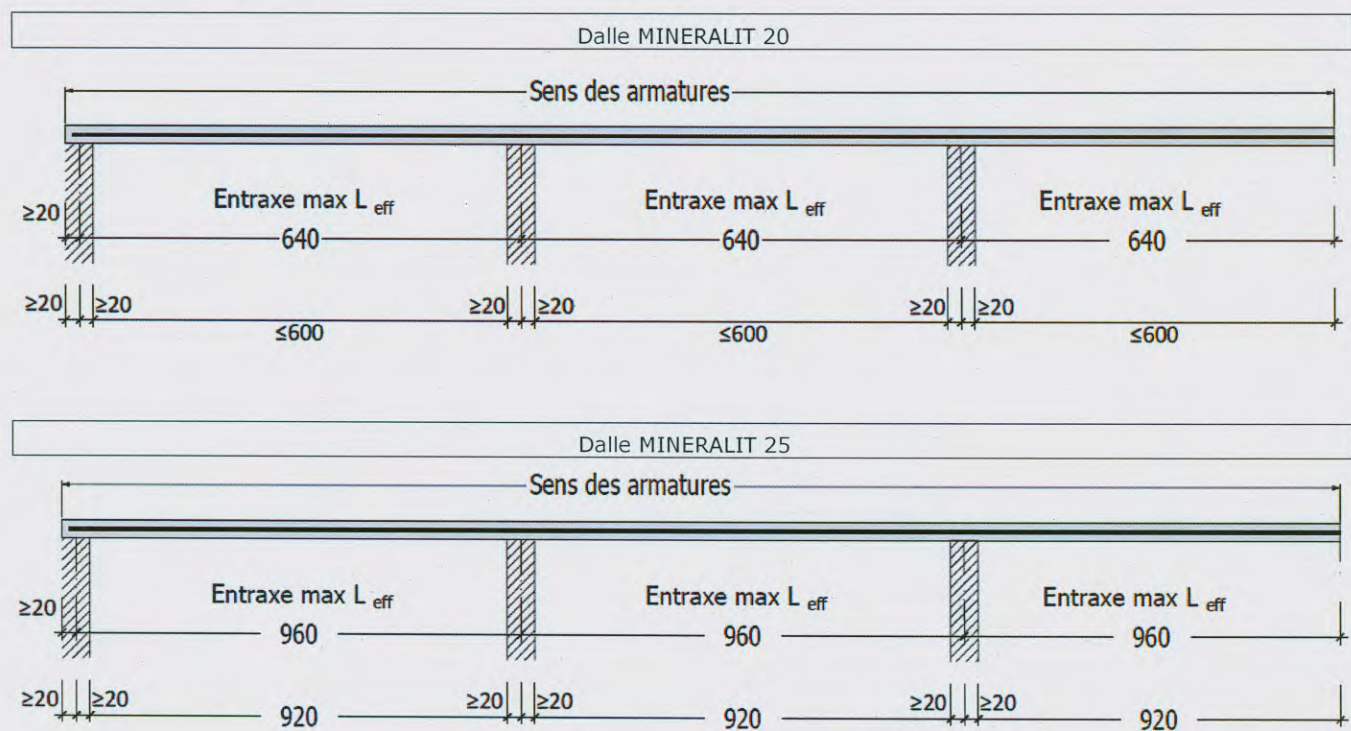
	Ø	mm ²	Nbre	mm ²	Espacement cm
Barre	5	19,632	1	19,632	10
	7,5	44,172	1	44,172	10
Paquet	2	3,141	7	21,987	10
	2	3,141	15	47,115	10

Figure 5 : Entraxes maximaux des appuis de dalles MINERALIT

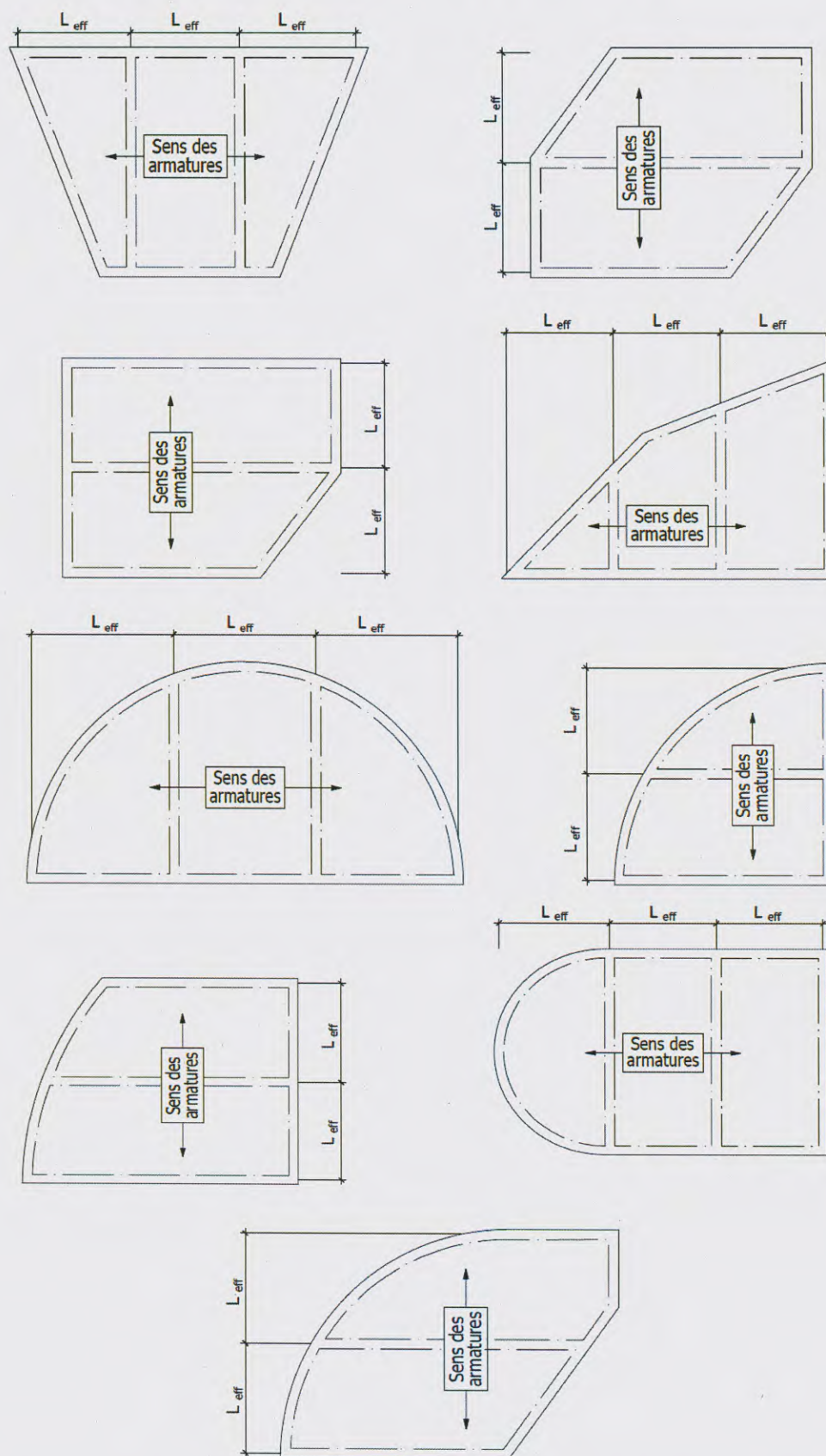
Dalle MINERALIT – sans appui intermédiaire



Dalle MINERALIT – AVEC appui intermédiaire



Dans tous les cas : distance entre appui dans le sens non porteur $B_{eff} \leq 3,96$ m (perpendiculaire à L_{eff}) – cf. Tableau 2
(Toutes les dimensions sont en mm)

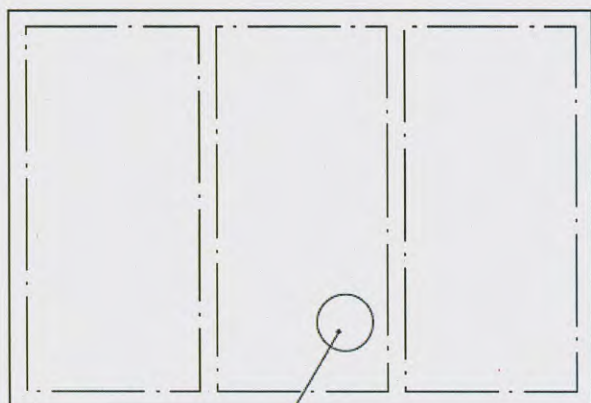
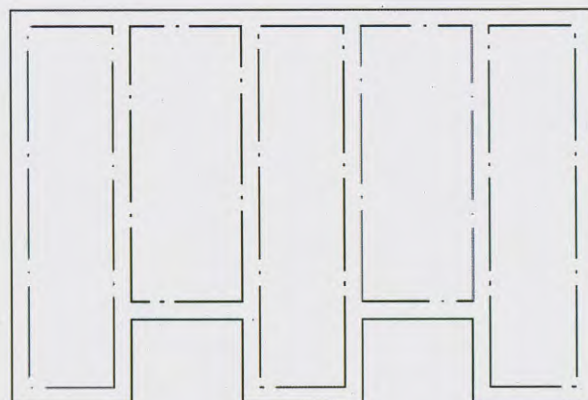
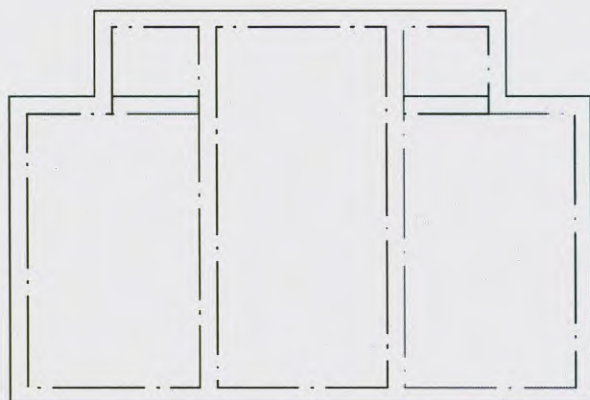
Figure 6 : Variantes géométriques : formes, sens de portée et dispositions des appuis*(Réalisées exclusivement en usine par le titulaire)*

La largeur minimale d'appui (périphérique ou intermédiaire) est de 40 mm dans tous les cas.

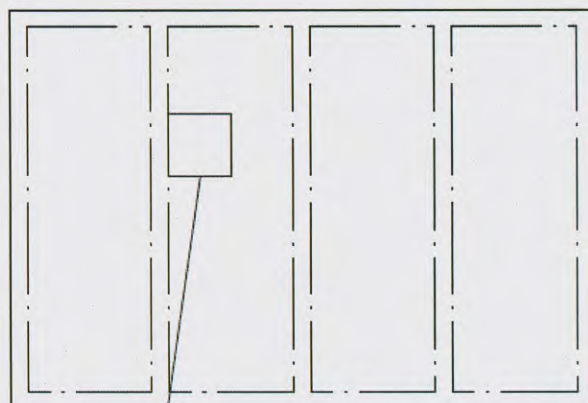
Se référer au Tableau 2 pour les conditions et nombre d'appuis, les dimensions maximales et les entraxes maximaux L_{eff} .

Figure 7 : Exemples de découpes et de percements

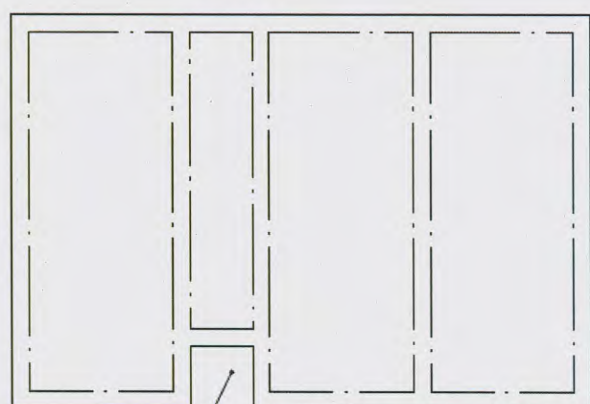
(Réalisées exclusivement en usine par le titulaire)



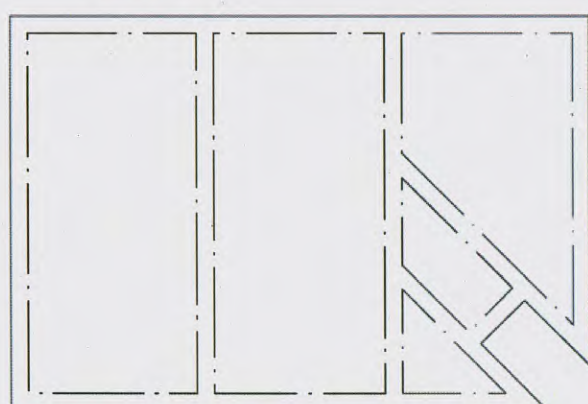
$\varnothing \leq 200$



$\leq 200 \times 200$



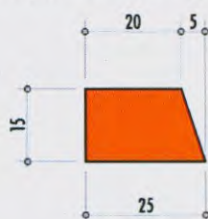
$\leq 200 \times 200$



La largeur minimale d'appui (périphérique ou intermédiaire) est de 40 mm dans tous les cas.
Se référer aux dispositions du §2.6.5 relatives aux évidements et réservations dans les dalles MINERALIT.
Se référer au Tableau 2 pour les conditions et nombre d'appuis, les dimensions et entraxes maximaux.

Figure 8 : Traitement des rives de balcon

(Réalisées exclusivement en usine par le titulaire)



Trapèze 20-25 x 15 mm

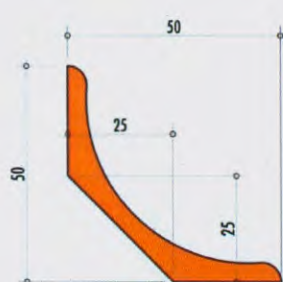


Carré 20 x 20 mm

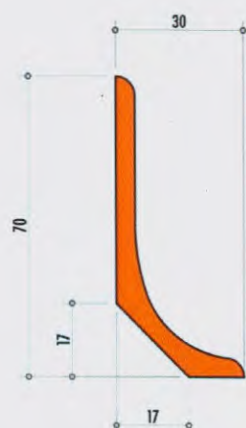
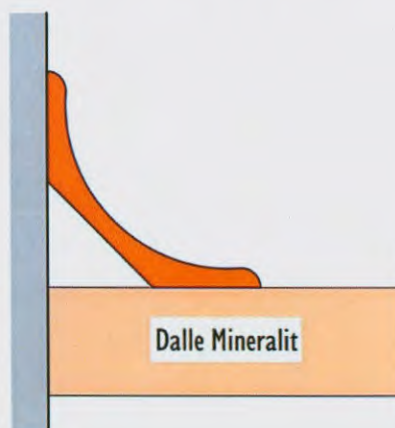


Figure 9 : Profils de raccord mur / dalle

(Mises en œuvre sur site par collage après pose de la dalle MINERALIT)



Raccord : 50 x 50 mm



Raccord : 30 x 70 mm

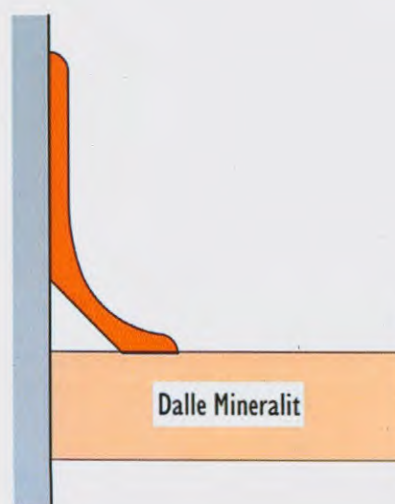


Figure 10 : Finitions standards grisées
(Réalisées exclusivement en usine par le titulaire)

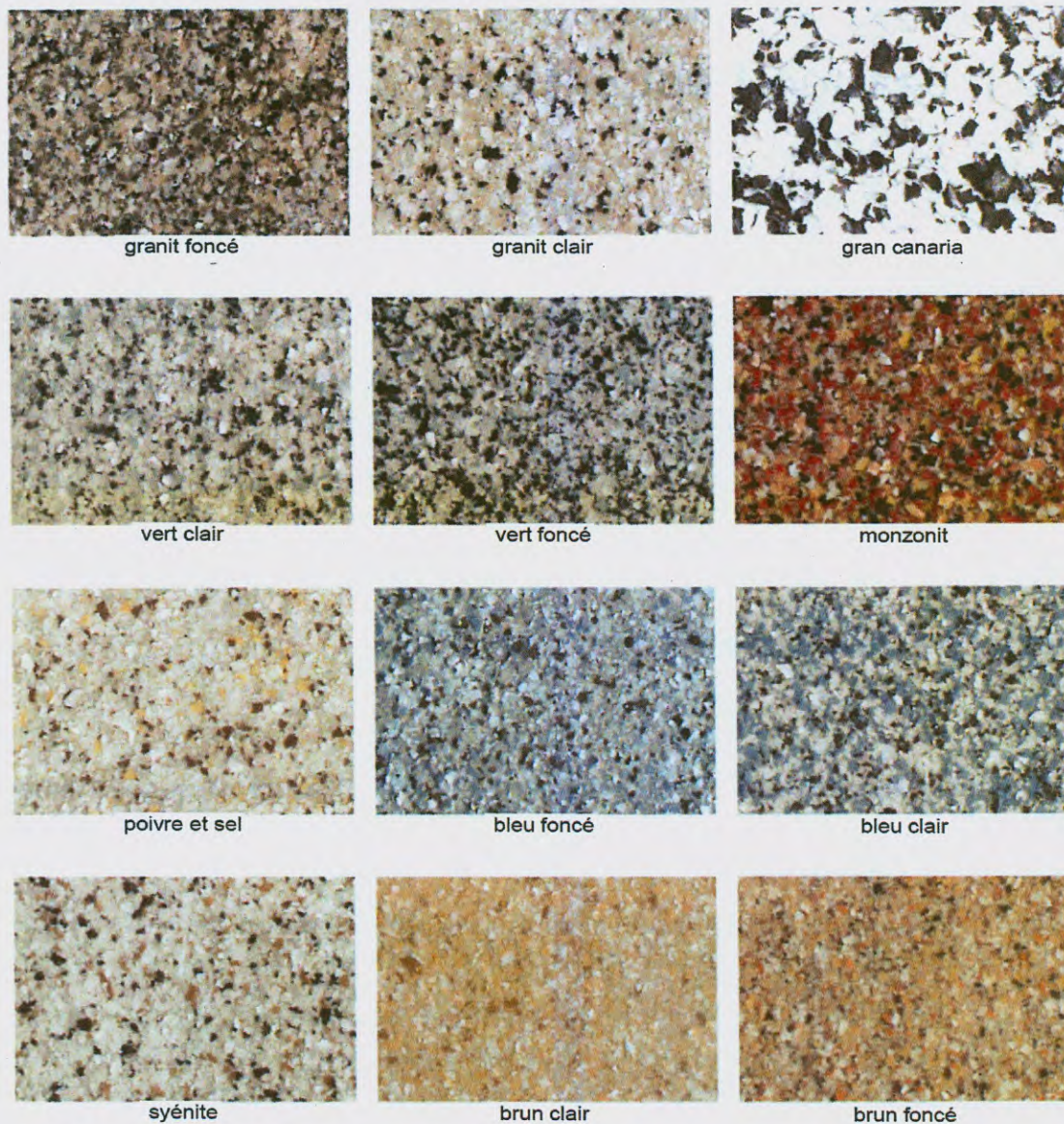


Figure 11 : Traitements de surface
(Réalisées exclusivement en usine par le titulaire)

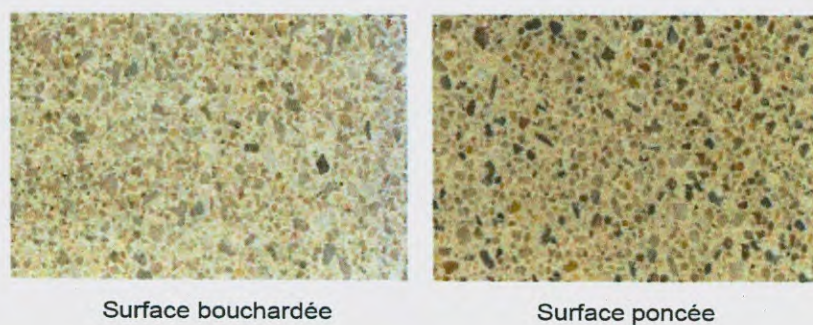


Figure 12 : Fixation par collage des dalles MINERALIT à la structure porteuse métallique

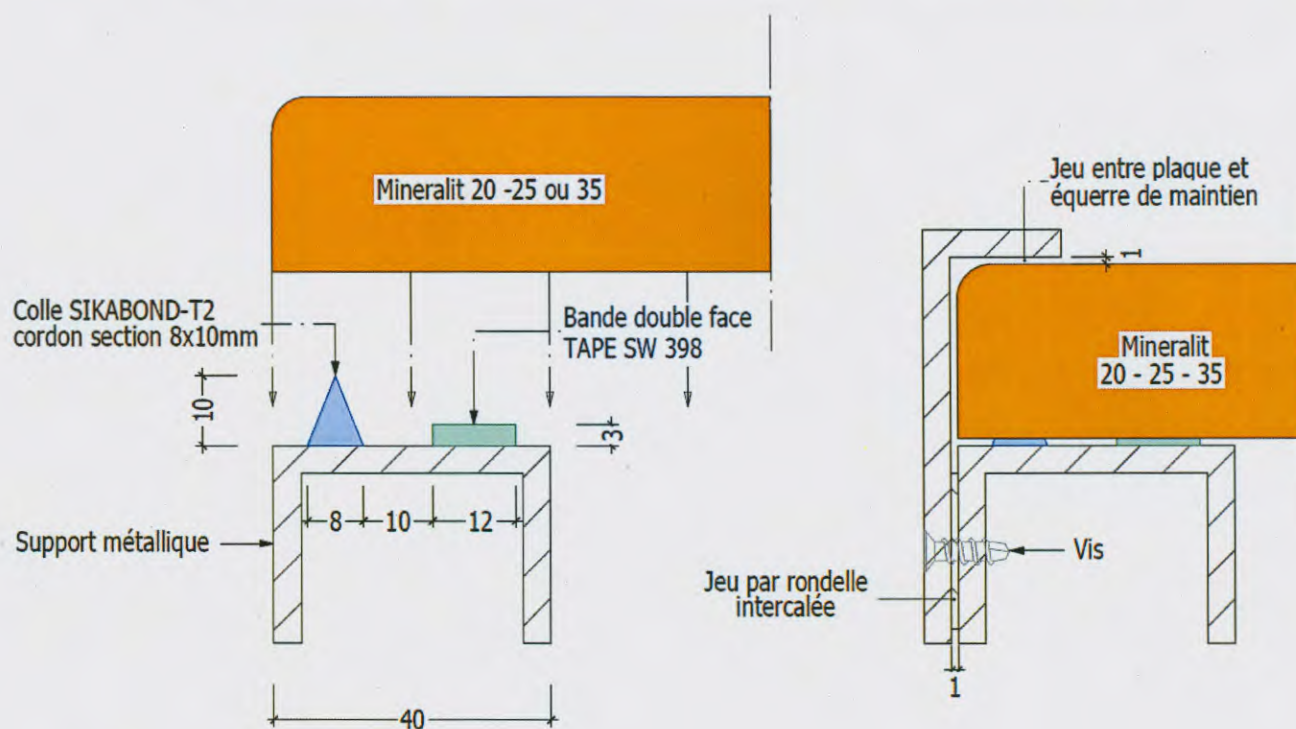


Figure 13 : Traitement des joints entre dalles MINERALIT adjacentes

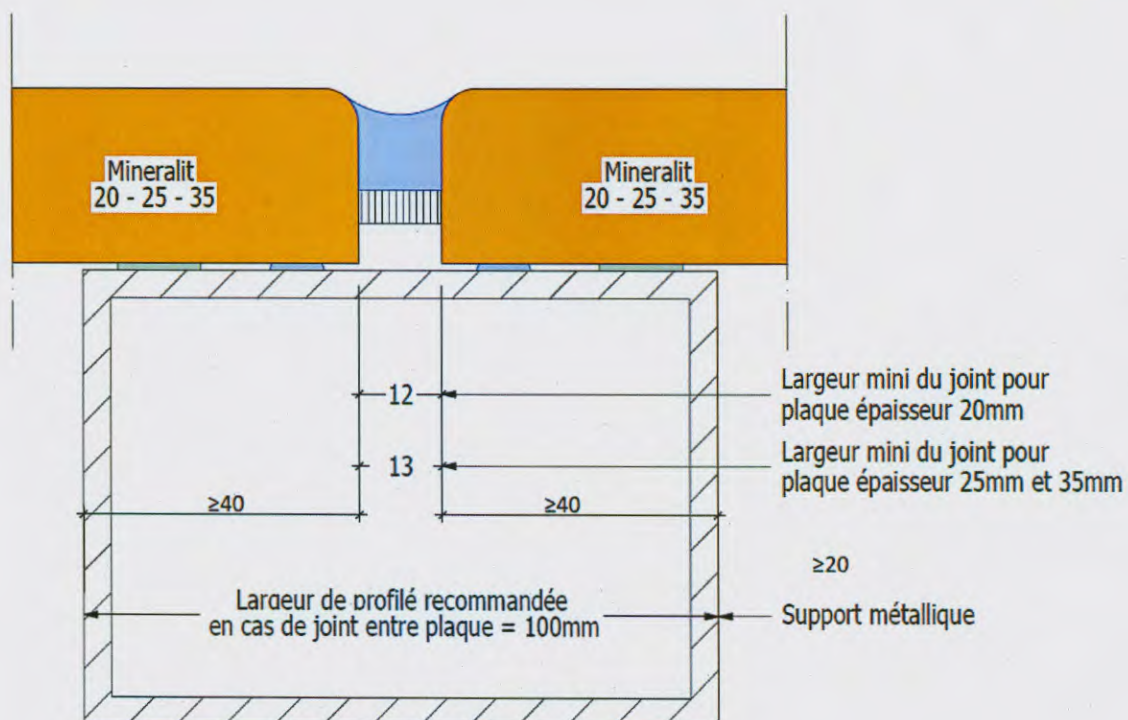


Figure 14 : Exemple de positionnement des équerres anti-soulèvement au droit des appuis de garde-corps

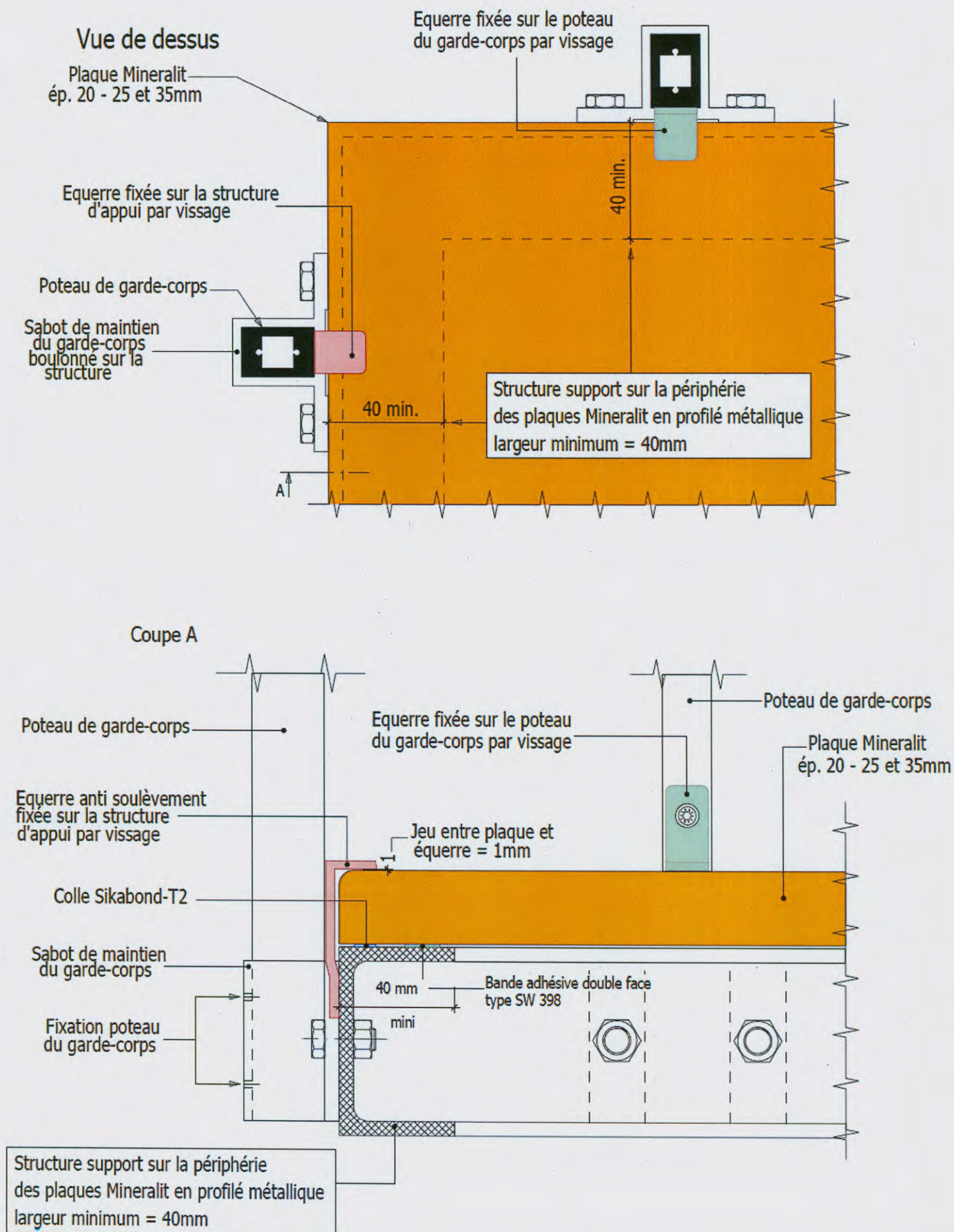


Figure 15 : Exemple de mise en œuvre – Pente vers l'extrémité du balcon

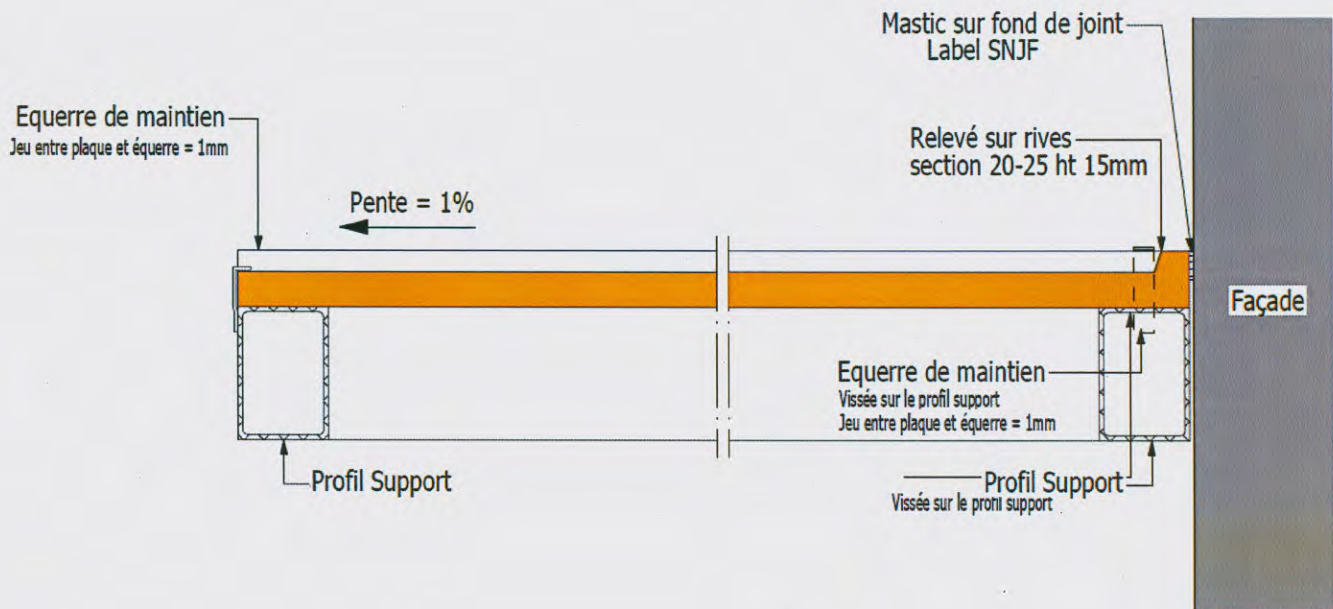


Figure 16 : Exemple de mise en œuvre – Joint périphérique et pente vers l'écoulement côté façade

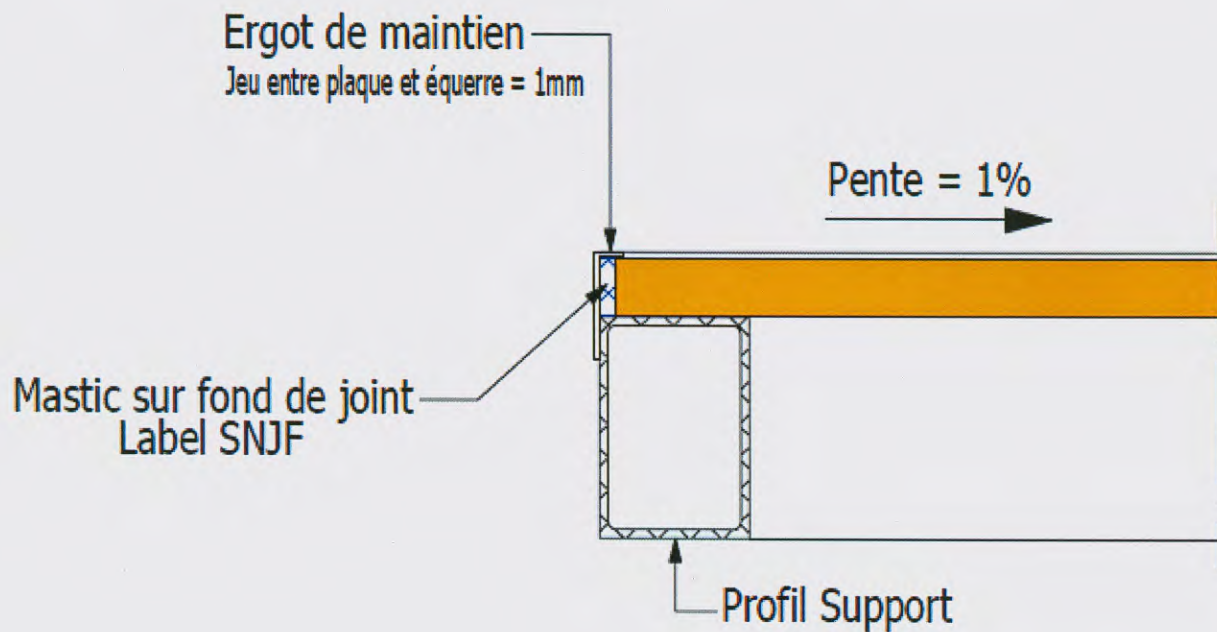


Figure 17 : Exemple de mise en œuvre – Chéneau périphérique intégré à la structure (1)

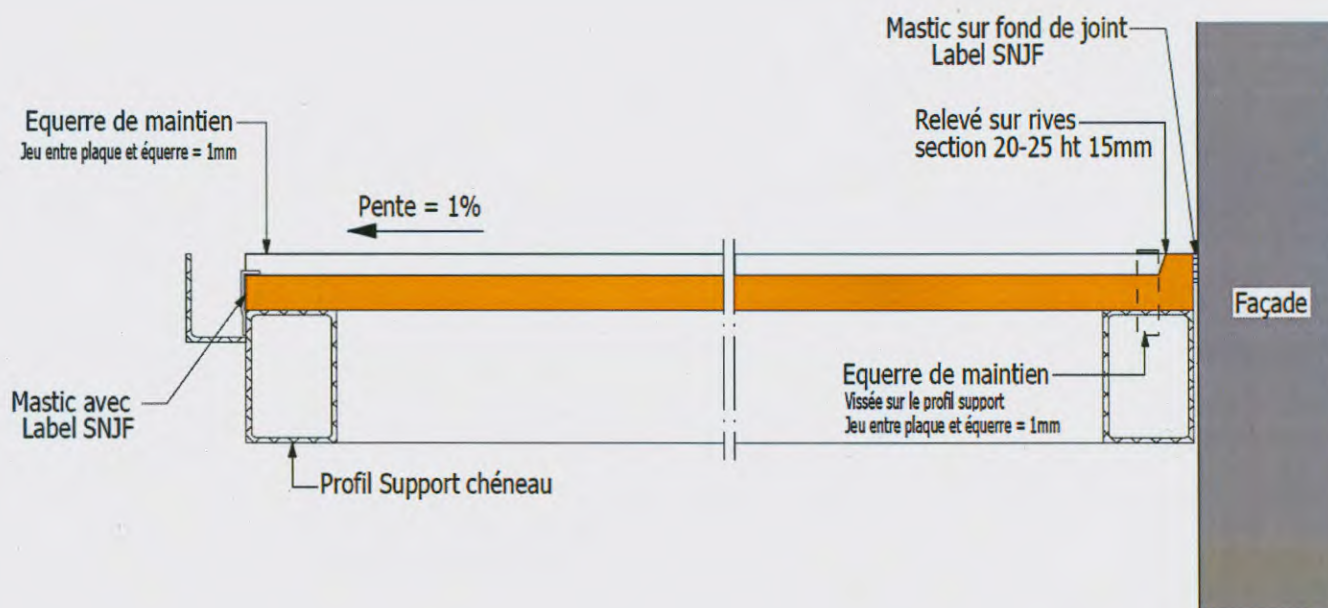


Figure 18 : Exemple de mise en œuvre – Chéneau périphérique intégré à la structure métallique (2)

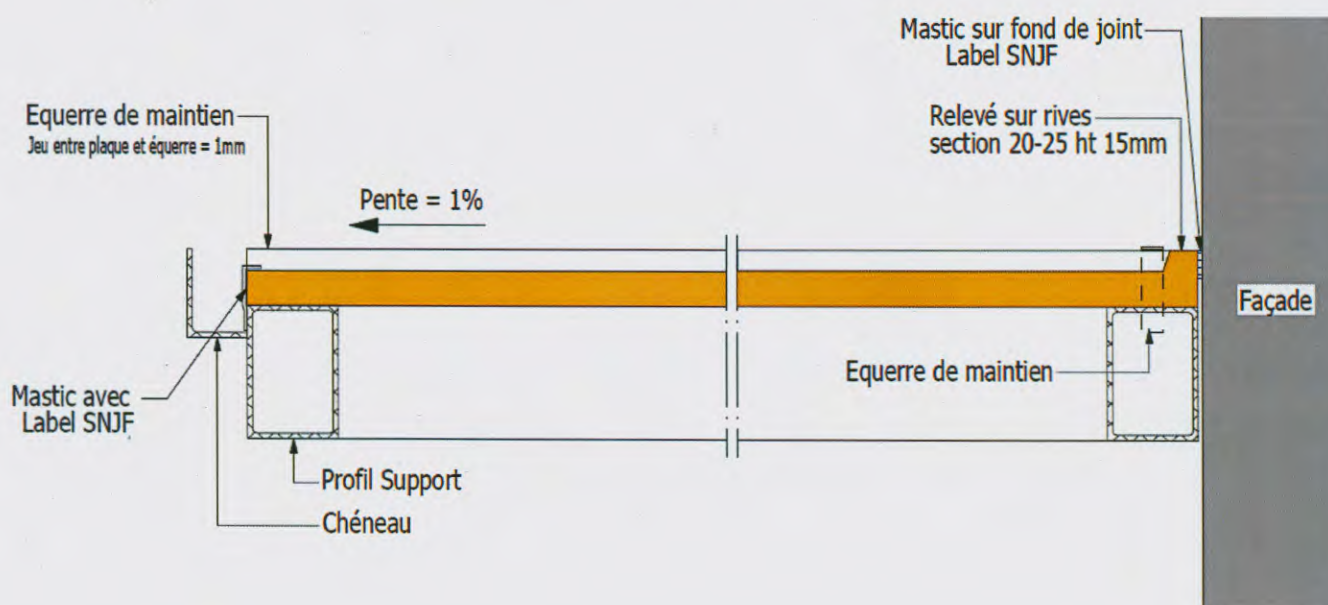
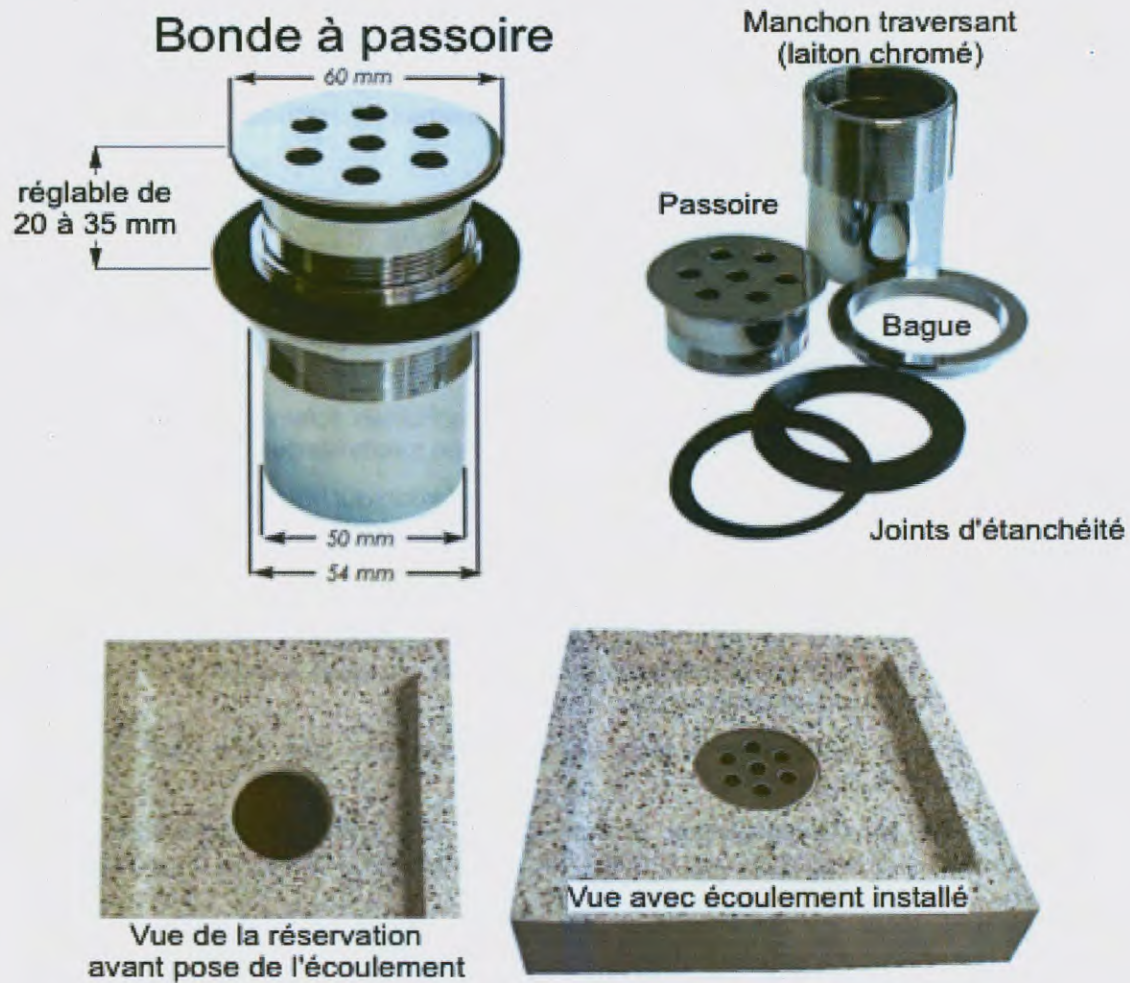
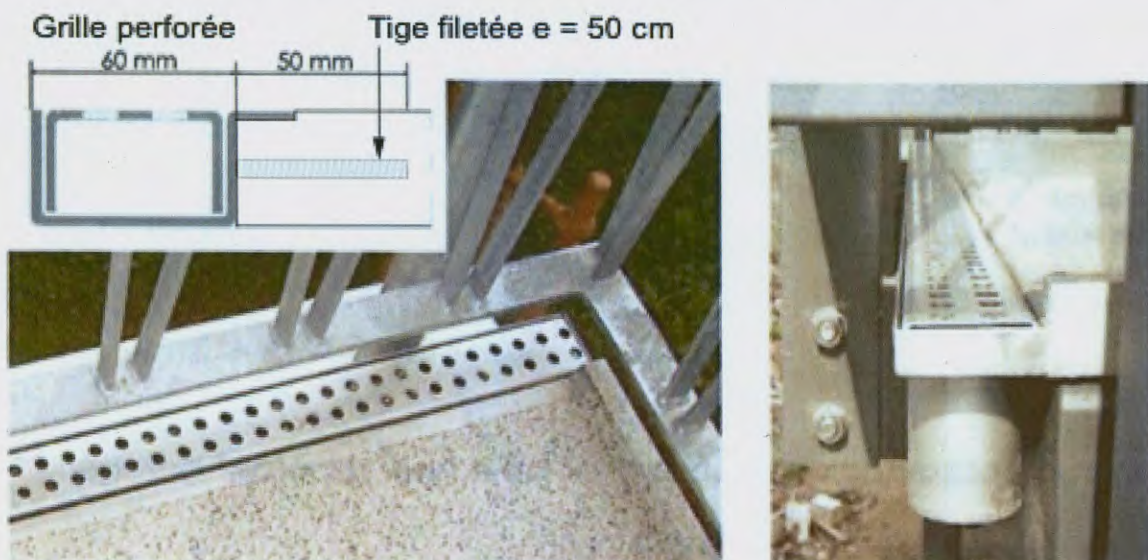


Figure 19 : Exemple d'évacuation avec bonde à passoire



(Cette configuration correspond à une réservation de dimensions maximales 20 x 20 cm)

Figure 20 : Exemple d'évacuation avec caniveau de balcon à grille perforée.



2.14.2. ANNEXE A : Dimensionnement des dalles MINERALIT

2.14.2.1. Principe de dimensionnement

Les dalles MINERALIT sont dimensionnées comme des poutres en tenant compte uniquement des appuis dans le sens porteur (parallèle aux armatures de renfort).

On vérifie les dalles :

- À l'état limite ultime (ELU) :
 - Vis-à-vis de la rupture sous chargement uniformément réparti (combinaison de charge fondamentale et quasi-permanente) ;
 - Vis-à-vis de la rupture sous combinaison (fondamentale) de charge répartie et de charge concentrée au sens de la NF EN 1991-1-1, §6.2.1.3(P) ;
 - Vis-à-vis de la rupture accidentelle sous combinaison de charge caractéristique à l'ELS rare sans prise en compte de l'effet de la fixation par collage, sous action du vent en soulèvement combiné au poids propre des dalles MINERALIT seul ;
- À l'état limite de service (ELS) :
 - Vis-à-vis de l'apparition de la 1ère fissure ;
 - Vis-à-vis de la flèche sous chargement uniformément réparti.

Les vérifications de résistance (ELU et ELS) sont réalisées par comparaison directe de la valeur de calcul des efforts agissants (M_{Ed} , V_{Ed} , F_{Ed}) avec la valeur de calcul des efforts résistants (M_{Rd} , V_{Rd} , F_{Rd}) de la dalle MINERALIT selon que la face coffrée (face supérieure de la dalle en service) soit comprimée ou tendue, et en tenant compte de l'interaction entre résistances caractéristiques au moment fléchissant M_{Rk} et à l'effort tranchant V_{Rk} des dalles MINERALIT.

Les valeurs de calcul des charges et des efforts agissants sont déterminées conformément à la NF EN 1990 et son Annexe Nationale, pour les combinaisons fondamentale, caractéristique et quasi-permanente.

Les valeurs de calcul des efforts résistants (M_{Rd} , V_{Rd} , F_{Rd}) et de la rigidité (EI_d) de la dalle MINERALIT sont obtenues à partir des valeurs caractéristiques et modalités d'interaction listées au Tableau 7 (voir aussi §2.6.4.2 du DTED), modifiées par application :

- Du coefficient A_1 tenant compte de l'influence de la durée de chargement ;
- Du coefficient A_2 tenant compte de l'influence de l'environnement ;
- Du coefficient A_3 tenant compte de l'influence de la température ;
- Du coefficient partiel pour le matériau γ_M ;

selon les dispositions du §2.14.2.2.

Les vérifications de résistance à l'ELU et à l'ELS sont menées selon §2.14.2.3.1 et la vérification de la flèche est menée selon §2.14.2.3.4.

2.14.2.2. Valeurs de calcul des efforts résistants et de la rigidité de la dalle MINERALIT

Les valeurs de calcul des efforts résistants et de la rigidité de la dalle MINERALIT sont déterminées selon que la face coffrée soit comprimée ou tendue et en tenant compte de l'interaction entre M_{Rk} et V_{Rk} comme suit :

$$\text{Moment fléchissant résistant : } M_{Rd} = \frac{M_{Rk}}{\gamma_M \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3}$$

$$\text{Effort tranchant résistant : } V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_M \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3}$$

$$\text{Résistance sous charge concentrée } F_{Ed} : F_{Rd} = \frac{F_{Rk}}{\gamma_M \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3}$$

$$\text{Rigidité de flexion : } EI_d = \frac{EI_k}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3}$$

où :

- A_1 coefficient d'influence de durée de chargement (Tableau 5)
- A_2 coefficient d'influence de l'environnement (Tableau 6)
- A_3 coefficient d'influence de la température (Tableau 6)
- γ_M coefficient partiel du matériau (Tableau 6)

Les valeurs caractéristiques des efforts résistants (M_{Rk} , V_{Rk} , F_{Rk}) et de la rigidité (EI_k) de la dalle MINERALIT ainsi que les modalités d'interaction entre M_{Rk} et V_{Rk} à prendre compte sont listées au Tableau 7 (voir aussi §2.6.4.2 du DTED).

Détermination de la classe de durée de chargement applicable :

Si une combinaison de chargement consiste en des actions appartenant à différentes classes de durée de chargement, il convient d'utiliser pour A_1 la valeur qui correspond à l'action ayant la plus courte durée d'application. Par exemple pour une combinaison de poids propre (Permanente) et de Court terme, il convient d'utiliser pour A_1 la valeur correspondant à la charge à Court terme.

Tableau 5 : Coefficient d'influence A1 de durée de chargement

Action	Classe de durée ¹⁾	ELU	ELS (1ère fissure)	ELS Flèche
Vent ; Neige exceptionnelle	Instantanée	1,00		
Neige (alt. < 1 000 m)	Court terme	1,20		1,35
Exploitation ²⁾ ; Neige (alt. ≥ 1 000 m)	Moyen terme	1,25		1,45
Poids propre ²⁾	Permanent / Long terme	1,40		2,00

¹⁾ Classes de durée de chargement selon la NF EN 1995-1-1, Tableaux 2.1 et 2.2 et son Annexe Nationale.

²⁾ Il convient de vérifier une combinaison de chargement quasi-permanente pour laquelle 30% de la charge d'exploitation sont considérés comme quasi-permanents ($\psi_2 \cdot Q_k$)

Tableau 6 : Coefficient partiel du matériau et coefficients d'influence A2 et A3

Vérification	Coefficient partiel du matériau γ_M	Coefficient d'influence de l'environnement A_2	Coefficient d'influence de la température A_3
ELU (sauf rupture accidentelle ELS rare)	1,30	1,05	1,25
ELS - 1ère fissure	1,13		
ELS - flèche	1,00		1,35
ELU rupture accidentelle (ELS rare)	1,00	1,00	1,00

2.14.2.3. Vérifications

On affecte à chacune des combinaisons de charges la classe de durée de chargement telle que définie au §A.2, et le coefficient de modification A_1 approprié.

2.14.2.3.1. Vérifications des efforts agissants

Les efforts agissants sont vérifiés l'ELU (rupture) et à l'ELS (1ère fissure).

Les efforts résistants M_{Rd} , V_{Rd} et F_{Rd} sont déterminés selon §2.14.2.2.

Pour chacune des combinaisons de charges caractéristique (charge concentrée selon NF EN 1991-1-1 comprise) et quasi-permanente, conformément à la NF EN 1990 et son Annexe Nationale, on vérifie :

- Moment fléchissant : $M_{Ed} \leq M_{Rd}$
- Effort tranchant : $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

où M_{Ed} et V_{Ed} : efforts sous charge répartie et (si applicable) concentrée

Pour la combinaison des charges permanentes avec la charge concentrée Q_k (NF EN 1991-1-1, §6.2.1.3(P)), on vérifie de plus la sollicitation combinée (face coffrée comprimée uniquement) :

- Flexion et poinçonnement combinés : $\frac{M_{Ed}^*}{M_{Rd}} + \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,00$

où M_{Ed}^* est le moment fléchissant sous charge répartie seule, et $F_{Ed} = \gamma_Q \cdot Q_k$

2.14.2.3.2. Vérification de la flèche admissible

Pour chacune des combinaisons de charges caractéristique et quasi-permanente conformément à la NF EN 1990 et son Annexe Nationale, on vérifie à l'ELS :

Flèche totale (NF EN 1993-1-1/NA) : $w_{max} \leq \frac{L_{eff}}{200}$

Flèche sous charges variables (NF EN 1993-1-1/NA) : $w_3 \leq \frac{L_{eff}}{300}$

, avec dans le cas d'une dalle MINERALIT sur 2 appuis (travée simple) sous chargement uniforme linéique q_d issue de la combinaison de charges considérées :

$$W = \frac{5 \cdot q_d \cdot L_{eff}^4}{384 \cdot EI_d}$$

2.14.2.3.3. Vérification de la résistance de la fixation par collage

La résistance admissible (ELS) linéique de la fixation par collage est : $F_{joint,Rd,ELS} = 1000 \cdot b_{ef} \cdot f_{joint,Rd,ELS} = 2,0 \text{ kN/ml}$

avec $f_{joint,Rd,ELS} = 2,0 \text{ N/mm}^2$ la résistance admissible (ELS) du joint de colle, et $b_{ef} = 10 \text{ mm}$ la largeur efficace du cordon de colle.

La vérification de cette résistance ne dispense pas du complément par des fixations mécaniques anti-soulèvement qu'il convient de dimensionner en tenant compte des dispositions décrites au §2.9.5, tout en satisfaisant aux dispositions minimales décrites au §2.11.2.3.

2.14.2.3.4. Vérifications complémentaires

En aucun cas les entraxes L_{eff} (sens porteur) et B_{eff} ne doivent excéder les portées limites indiquées au Tableau 2, toutes tolérances épuisées.

Tableau 7 : Résistances caractéristiques et rigidités des dalles MINERALIT

Configuration	ELU ³⁾			ELS ⁴⁾			
	Moment fléchissant ⁵⁾	Effort tranchant ⁵⁾	Charge concentrée ⁶⁾	Moment fléchissant ⁵⁾	Effort tranchant ⁵⁾	Charge concentrée ⁶⁾	Flèche
	M_{Rk} [kN.m / m]	V_{Rk} [kN / m]	F_{Rk} [kN]	M_{Rk} [kN.m / m]	V_{Rk} [kN / m]	F_{Rk} [kN]	El_k [kN.m ² / m]
Dalle MINERALIT 20							
Face coffrée en Compression ¹⁾	1,537	0,0	9,57	Vérifié si l'ELU est vérifié		6,57	16,7
	1,537	9,11					
	1,512	16,35					
	1,323	35,28					
Face coffrée en Traction ²⁾	1,892	0,0	n/a ⁶⁾	1,209	0,0	n/a ⁶⁾	
	1,892	11,21		1,209	7,17		
	1,338	14,46		1,192	12,88		
	1,271	33,89		1,068	28,48		
Dalle MINERALIT 25							
Face coffrée en Compression ¹⁾	2,055	0,0	7,91	Vérifié si l'ELU est vérifié		6,79	32,8
	2,055	8,22					
	2,011	26,81					
	1,524	40,65					
Face coffrée en Traction ²⁾	2,475	0,0	n/a ⁶⁾	1,964	0,00	n/a ⁶⁾	
	2,475	9,90		1,964	7,85		
	2,063	27,51		1,939	25,85		
	1,953	52,09		1,766	47,08		
Dalle MINERALIT 35							
Face coffrée en Compression ¹⁾	8,096	0,0	7,91	4,665	0,0	6,79	120,0
	8,096	11,57		4,665	6,67		
	6,662	16,66		4,579	11,45		
	4,764	19,66		3,945	15,78		
Face coffrée en Traction ²⁾	3,777	0,0	n/a ⁶⁾	Vérifié si l'ELU est vérifié ⁷⁾		n/a ⁶⁾	
	3,777	15,73					

¹⁾ Situation usuelle pour une dalle MINERALIT sur 2 appuis sous charges gravitaires

²⁾ Situation usuelle pour une dalle MINERALIT sur appuis multiples sous charges gravitaires

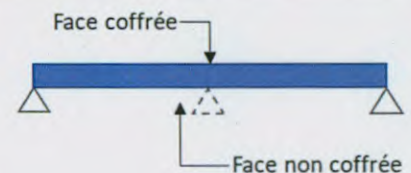
³⁾ Etat Limite Ultime : à la rupture

⁴⁾ Etat Limite de Service : apparition de la 1^{ère} fissure et vérification des flèches

⁵⁾ Les lignes du tableau indiquent différentes valeurs des courbes d'interaction entre résistances caractéristiques au moment fléchissant et à l'effort tranchant des dalles MINERALIT. Pour des valeurs intermédiaires, l'interpolation linéaire est permise.

⁶⁾ La vérification de poinçonnement sous charge concentrée ne concerne que la face coffrée comprimée.

⁷⁾ Les dalles MINERALIT 35 ne sont admises que sur 2 appuis. En conséquence, la face coffrée n'est mise en traction que dans des cas de soulèvement dû à l'action du vent pour lesquels la vérification de l'ELU est suffisante.

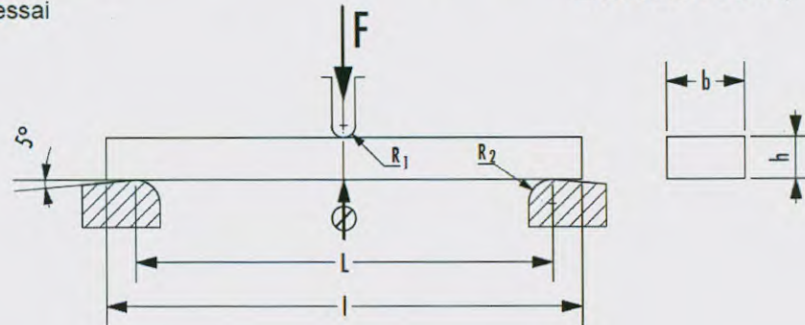


2.14.3. ANNEXE B : Essais de conformité – Flexion sur béton à liant polymère

1. Essai de flexion

Essai de flexion 3 points (voir DIN EN ISO 178 et
DIN EN ISO 899-2)

Dispositif d'essai



Conditions d'essais

- Atmosphère normale DIN EN ISO 291 - 23 / 50, classe 2
- Côté moule en zone tendue
- Corps d'épreuve sans armatures
- Epaisseur corps d'épreuve h = voir ci-dessous
- Largeur du corps d'épreuve b = 60 mm
- Longueur du corps d'épreuve l = 500 mm
- Distance entre appuis L = 480 mm
- Rayons $R_1 = 5 \pm 0,1$ mm $R_2 = 5 \pm 0,1$ mm

1.1 Essai de résistance à la flexion

- Contrainte de flexion $\sigma_{fc} = 7,2$ N/mm²

Exigences: Module de déformation $E_c = E_{1h} \cdot \left(\frac{f_{1h}}{f_{24h}}\right)^{3,6} \geq$ voir ci-dessous

h	mm	20	25	35
E	N/mm ²	15100	14400	7200

1.1 Essai de rupture courte durée

- Vitesse de l'essai : 0,1 à 0,2 N/mm² /s
- ou allongement des fibres : 0,5 ‰ /s

Exigences: résistance à la flexion $\sigma_{fB} \geq 18,5$ N/mm²

1.1 Détermination de la densité

- Dimensions min. $h \times 60 \times h$ mm³
- Exigence : densité $\rho \geq 2,21$ g/cm³