

# APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3440\_V1

*ATEx de cas a*

**Validité du 27/01/2026 au 27/01/2028**



Copyright : Société CUBIK-HOME

---

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

---

**A LA DEMANDE DE :**

**Société CUBIK-HOME**

**Adresse ZA de la Bare, CHALEINS 01480.**

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3440\_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de solution de construction modulaire « Construction modulaire 3D en béton fibré ».

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 27/01/2026, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : Société CUBIK-HOME
- Technique objet de l'expérimentation :
  - Réalisation de modules 3D en béton fibré et armé, préfabriqués en usine, et destinés à la réalisation de bâtiments par la juxtaposition et/ou superposition des modules.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3440\_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

Donne lieu à une :

### APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **27 janvier 2028**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations et attendus formulés aux §4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

#### 1°) Sécurité

##### 1.1 – Stabilité des ouvrages

Chaque module est constitué de panneaux préfabriqués en béton fibré, dont les caractéristiques mécaniques ont été évaluées par des essais de caractérisation. Les modules sont ensuite juxtaposés et/ou superposés sur site pour former les ouvrages. Des essais sur maquette ont été menés pour évaluer le comportement des planchers vis-à-vis de la flexion, de l'effort tranchant et du poinçonnement, le comportement au flambement des voiles, ainsi que le comportement en contreventement du système dalle + voile et du voile seul.

Les panneaux sont assemblés entre eux par des attaches mécaniques. L'assemblage entre modules est assuré par l'interposition d'une plaque métallique entre deux platines intégrées, soudée in situ par deux cordons de soudure. La liaison avec le système de fondations est réalisée par des tiges filetées scellées au mortier sans retrait dans des ANCROBOX.

Moyennant le respect des prescriptions du Dossier Technique, la stabilité mécanique du procédé pour l'utilisation visée est satisfaisante.

##### 1.2 – Sécurité des intervenants

Les risques sont liés à la mise en œuvre et aux diverses manipulations des modules de grandes dimensions et d'une masse importante. Ces travaux nécessitent des moyens de levage et des dispositions de protections particulières liés aux travaux de levage et en hauteur.

Un Plan d'Assurance Qualité décrivant les dispositions usuelles relatives à la fabrication, la manutention et à la mise en œuvre est fourni. La sécurité des intervenants est assurée, moyennant les précautions habituelles.

##### 1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Une appréciation de laboratoire émise par le CERIB a permis de vérifier la stabilité au feu REI30 pour les éléments porteurs verticaux et pour les planchers.

##### 1.4 – Sécurité en cas de séisme

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3440\_V1

Le procédé peut être utilisé pour les ouvrages nécessitant la prise en compte du risque sismique, en zone de sismicité de 1 à 3 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. Cela nécessite de prendre en compte les actions sismiques dans l'analyse structurale et dans les calculs de détails.

### 2°) Faisabilité

#### 2.1 – Production

Les modules sont fabriqués et assemblés par FRANCIOLI dans son usine située à Ceyzériat. La fabrication des panneaux nervurés ainsi que celle de la structure des modules CUBIK HOME font l'objet d'un Plan d'Assurance Qualité Usine et d'un suivi externe, comprenant deux audits par an.

#### 2.2 – Mise en œuvre :

Les modules sont transportés jusqu'au chantier, puis mis en place sur site au moyen d'une grue mobile. La manutention est réalisée à l'aide d'un palonnier équipé d'élingues textiles, dont les crochets sont fixés aux inserts de levage intégrés à cet effet dans la paroi supérieure des modules CUBIK HOME.

#### 2.3 – Assistance technique

FRANCIOLI, sous licence CUBIK HOME, assure la conception, la fabrication hors-site et la mise en œuvre sur site des modules tridimensionnels, en faisant appel si nécessaire, sous sa responsabilité, à des sous-traitants qualifiés

Toute fixation dans les parois externes des modules doit préalablement être soumise à FRANCIOLI pour validation.

### 3°) Risques de désordres

Les risques de désordre peuvent être considérés comme minimes à condition de respecter les recommandations du paragraphe 4 ci-dessous.

### 4°) Recommandations

Il est recommandé :

- d'effectuer des contrôles de ressuage ou des contrôles par rayons X sur les soudures, afin de s'assurer de l'absence de fissures internes dans les soudures ;
- d'assurer la reprise des efforts de cisaillement au droit des connexions entre voiles et dalles des modules superposés exclusivement par les tiges, sans combinaison avec le mortier ;
- de mettre en œuvre, dans le cas d'une toiture rapportée ou d'une charpente de couverture des techniques constructives relevant du domaine traditionnel et conformes aux DTU en vigueur selon le type de couverture.

### 5°) Rappel

Pour les ATEX cas a, l'article 12 du règlement de l'ATEX prévoit que seules les applications qui ont été préalablement déclarées par le titulaire de l'ATEX de cas a auprès du CSTB bénéficient de la couverture de l'ATEX. Pour cela, le demandeur devra communiquer au CSTB, au plus tard au début des travaux, une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

En complément, l'Avis de Déclaration des application couvertes par l'ATEX, et disponible via le site de gestion des comités d'ATEX par le titulaire, devra être fourni.

## EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

### **Conclusion FAVORABLE**

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est réelle,
- Les désordres sont minimes.

Champs sur Marne,  
Le Président du Comité d'Experts,



Ménad CHENAF

## ANNEXE 1

### FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société CUBIK-HOME

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

- Réalisation de modules 3D en béton fibré et armé, préfabriqués en usine, et destinés à la réalisation de bâtiments par la juxtaposition et/ou superposition des modules.
- Domaine d'emploi : L'usage du procédé est limité à la France métropolitaine, en zone sismique 1 à 3 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010. En limitant l'empilement des modules à R+1.

Le domaine d'emploi est limité à des bâtiments situés en climat de plaine, y compris la zone très froide (altitude inférieure à 900 m), dans des environnements d'exposition qui n'excède pas XC4 et XF1, et pour des locaux classés au plus EB+ privatif selon le cahier du CSTB 3567.

Les modules doivent être juxtaposés ou superposés sans porte-à-faux.

- Concernant le comportement hygrothermique des parois il convient de respecter les points suivants :
  - La résistance thermique du doublage rapporté est limitée à  $R_{th} < 2.2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  ;
  - Pour les trémies d'escalier, un bandeau en laine minérale doit être mis en œuvre coté intérieur afin de limiter les risques hygrothermiques ;
  - La mise en œuvre d'un isolant en laine minérale est obligatoire en contact des menuiseries tel que décrit dans le dossier technique ;
  - Respect de la règle 1/3-2/3 (ou 1/4-3/4 en zones très froides) en toiture-terrasse avec une résistance thermique du plancher arrondie à  $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

*(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3440\_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.*

**ANNEXE 2**

**CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE**

Ce document comporte 37 pages.

***Procédé de « Cubik Home – Construction modulaire 3D en béton fibré »***

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 16 février 2026

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3440\_V1.

Fin du rapport

**FRANK KUPFERLE**

Mob +33(0) 674 35 35 59

Email frank.kupferle@c4ci.eu



## DOSSIER TECHNIQUE

### *ATEx n° 3440\_V1 – Cubik Home – Construction modulaire 3D en béton fibré*

Etabli par C4Ci pour le compte de CUBIK HOME et FRANCIOLI :

Demandeur :  
CUBIK HOME  
ZA de la Bare  
01480 CHALEINS

Codemandeur :  
FRANCIOLI  
ZA de la Bare  
01480 CHALEINS

CLIENT	CUBIK HOME	DATE	16/02/2026
PROJET N°	2111	VERSION	REV4

---

## TABLE DES MATIERES

---

1	Principe.....	5
2	Domaine d'emploi.....	6
3	Caractéristiques des modules et composants.....	7
3.1	CARACTÉRISTIQUES DES COMPOSANTS.....	7
3.1.1	Béton fibré.....	7
3.1.2	Armatures.....	7
3.1.3	Inserts et organes d'assemblage.....	7
3.1.4	Éléments pour la manutention et le levage.....	7
3.1.5	Calfeutrements, mortiers de calage et de scellement.....	8
3.1.6	Isolant des panneaux nervurés.....	8
3.1.7	Chevrons bois et leurs fixations.....	8
3.2	PANNEAUX NERVURÉS.....	8
3.2.1	Principe et caractéristiques dimensionnelles.....	8
3.2.2	Principes de ferrailage des panneaux nervurés verticaux.....	10
3.2.3	Principes de ferrailage des panneaux nervurés horizontaux.....	10
3.3	MODULES TRIDIMENSIONNELS.....	10
3.3.1	Caractéristiques dimensionnelles.....	10
3.3.2	Principe d'assemblage.....	10
3.3.3	Liaisons des modules entre eux.....	12
3.3.4	Ancrage à l'infrastructure.....	14
3.4	COMPLÉMENT D'ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR (MUR EXTÉRIEUR).....	15
3.5	CONTRE-CLOISONS, CLOISONS ET PLAFONDS.....	15
3.6	REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS.....	15
3.6.1	Enduits de finition.....	15
3.6.2	Bardages rapportés à lame d'air ventilée.....	15
3.7	AUTRES COMPOSANTS MIS EN ŒUVRE SUR LES PAROIS HORIZONTALES.....	16
4	Conception.....	17
4.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX.....	17
4.1.1	Rôle des intervenants.....	17
4.1.2	Limitations dimensionnelles, de juxtaposition et de superposition des modules tridimensionnels.....	17
4.1.3	Temporalité de l'exécution des travaux.....	17
4.1.4	Principe d'appui.....	17
4.1.5	Principe structural.....	18
4.1.6	Composition des parois.....	18
4.1.7	Ouvrages réalisés Hors-site/sur-site.....	18
4.1.8	Ouvrages ce gros-œuvre complémentaires.....	19
4.2	DIMENSIONNEMENT.....	19
4.2.1	Principe.....	19
4.2.2	Vérification en situation normale.....	19
4.2.3	Vérification sous sollicitation sismique.....	20
4.3	SÉCURITÉ INCENDIE.....	20
4.3.1	Résistance au feu.....	20
4.3.2	Réaction au feu.....	20
4.3.3	Propagation du feu par les façades.....	20
4.4	PAROIS VERTICALES.....	20
4.4.1	Complément d'isolation thermique par l'intérieur.....	21
4.4.2	Contre-cloison.....	21
4.4.3	Menuiseries extérieures et occultations.....	22
4.4.4	Encadrements intérieurs et extérieurs des menuiseries extérieures.....	22

4.4.5	Revêtements extérieurs .....	23
4.5	PAROIS HORIZONTALES INFÉRIEURES DES MODULES (PLANCHERS) .....	24
4.5.1	Chape flottante.....	24
4.5.2	Revêtements de sol.....	24
4.6	PAROIS HORIZONTALES SUPÉRIEURES DES MODULES (PLAFONDS, TOITURES) .....	24
4.6.1	Plafond.....	25
4.6.2	Toiture.....	25
4.7	FIXATIONS.....	28
4.7.1	Fixations côté intérieur des parois.....	28
4.7.2	Fixations côté extérieur des parois.....	28
4.8	RÉSERVATIONS - PERCEMENTS.....	29
4.9	SALLES D'EAU AVEC DOUCHE ACCESSIBLE « ZÉRO RESSAUT » .....	29
<b>5</b>	<b>Mise en œuvre .....</b>	<b>30</b>
5.1	INFRASTRUCTURE .....	30
5.1.1	Principes.....	30
5.1.2	Tolérances du support .....	30
5.2	MISE EN PLACE ET ASSEMBLAGE DES MODULES TRIDIMENSIONNELS .....	30
5.2.1	Transport, levage .....	30
5.2.2	Sécurité .....	30
5.2.3	Mise en place et ancrage des modules du 1 <sup>er</sup> niveau.....	31
5.2.4	Calfeutrement des modules entre eux.....	31
5.2.5	Assemblage des modules juxtaposés.....	32
5.2.6	Mise en place et assemblage des modules superposés.....	32
5.2.7	Ouvrages de gros-œuvre complémentaires .....	32
5.2.8	Interface en pied de module avec le sol fini .....	32
5.3	MISE EN ŒUVRE DES ÉLÉMENTS DE 2 <sup>ND</sup> ŒUVRE.....	33
5.3.1	Complément d'isolation thermique par l'intérieur.....	33
5.3.2	Contre-cloison .....	33
5.3.3	Menuiseries extérieures et occultations .....	34
5.3.4	Revêtements extérieurs .....	34
5.3.5	Chape flottante.....	34
5.3.6	Revêtements de sol.....	34
5.3.7	Plafond.....	34
5.3.8	Toiture.....	34
<b>6</b>	<b>Assistance technique .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....</b>	<b>35</b>
7.1	FABRICATION.....	35
7.1.1	Béton fibré .....	35
7.1.2	Fabrication des panneaux nervurés.....	35
7.1.3	Fabrication des modules .....	35
7.2	CONTRÔLES .....	36
7.2.1	Béton fibré .....	36
7.2.2	Fabrication des panneaux nervurés.....	36
7.2.3	Fabrication des modules .....	36
7.2.4	Pose des modules sur chantier.....	36
<b>8</b>	<b>Mention des justificatifs.....</b>	<b>37</b>
8.1.1	Résultats Expérimentaux .....	37
8.1.2	Autres éléments .....	37

---

## TABLEAUX DU DOSSIER TECHNIQUE

---

Tableau 1 : Caractéristiques particulières des panneaux nervurés horizontaux et verticaux .....	8
---	---

---

## FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE

---

Figure 1 : Panneaux nervurés – Coupe horizontale.....	9
Figure 2 : Principe des panneaux nervurés horizontaux et verticaux dans un module.....	9
Figure 3 : Principe d'assemblage des panneaux nervurés formant un module tridimensionnel.....	11
Figure 4 : Assemblage des panneaux nervurés Voile – Dalle formant ancrage .....	11
Figure 5 : Assemblage des panneaux nervurés Voile – Dalle en partie courante .....	12
Figure 6 : Assemblage des panneaux nervurés Voile – Voile aux angles du module.....	12
Figure 7 : Assemblage des modules juxtaposés – Soudure des platines et de la cale métallique verticale.....	13
Figure 8 : Assemblage des modules superposés – Soudure des platines et de la cale métallique horizontale .....	13
Figure 9 : Ancrage des modules à l'infrastructure et assemblage des modules entre eux (coupe verticale).....	14
Figure 10 : Complément d'isolation thermique intérieure au droit d'une trémie au contact d'un mur extérieur.....	21
Figure 11 : Intégration des menuiseries extérieures – Coupe horizontale sans panneau en mousse phénolique périphérique .....	22
Figure 12 : Intégration des menuiseries extérieures – Coupe verticale sur fenêtre sans panneau en mousse phénolique périphérique .....	23
Figure 13 : Intégration des menuiseries extérieures – Coupe verticale sur porte ou porte-fenêtre.....	23
Figure 14 : Interface en pied de module avec le sol fini .....	33

# 1 PRINCIPE

Le procédé CUBIK HOME est constitué de modules tridimensionnels préfabriqués en usine résultant de l'assemblage de 6 panneaux nervurés en béton fibré isolés également préfabriqués, et est destiné à la réalisation de bâtiments par juxtaposition (avec recouvrement minimal de 3,0 m) et/ou superposition (sans porte-à-faux ni débord) des modules.

Les panneaux nervurés horizontaux comme verticaux sont composés d'une paroi nervurée en béton fibré, de chevrons bois non structuraux au droit des nervures et d'isolant mis en œuvre en fond de coffrage.

Les panneaux horizontaux constituant les parois inférieure et supérieure d'un module sont de constitution identique, avec des nervures dans les deux directions (longitudinales et transversales). Les panneaux nervurés verticaux constituant les murs (intérieurs ou extérieurs) sont de constitution similaire avec des nervures uniquement dans le sens transversal (vertical).

Outre les panneaux nervurés préfabriqués, les parois verticales extérieures sont constituées :

- Côté intérieur :
  - D'un complément d'isolation intérieure sur ossature bois horizontale fixée aux chevrons bois des panneaux ;
  - D'un pare-vapeur ;
  - D'une contre-cloison isolée ou non ;
  - Des menuiseries extérieures et éventuelles occultations ;mis en œuvre préférablement hors-site (en usine), les jonctions entre cellules étant réalisées sur site.
- Côté extérieur, d'un enduit de finition ou d'un bardage rapporté à lame d'air ventilée listés au §3.6, préférablement mis en œuvre sur site.

Outre les panneaux nervurés dont la face béton est orientée vers le haut, les parois inférieures (planchers) des modules sont constituées :

- D'une chape flottante conforme aux NF DTU 26.2 et 52.10 ou sous Avis technique ou DTA visant les supports béton ;
- Du revêtement de sol ;

mis en œuvre hors-site (en usine) ou sur site.

Outre les panneaux nervurés dont la face béton est orientée vers le haut, les parois supérieures des modules sont constituées :

- Côté intérieur, d'un plafond suspendu non isolé conforme au NF DTU 25.41 ou au NF DTU 36.2 ou sous Avis technique ou DTA visant le support bois, dont l'ossature est fixée aux chevrons bois des panneaux, mis en œuvre préférablement hors-site (en usine).
- Côté extérieur :
  - Dans le cas d'un module supportant un autre module superposé ou une charpente rapportée (bois ou métallique) et sa couverture : la face béton est laissée brute, un complément d'isolation étant mis en œuvre sur la dalle lorsque l'isolation de la toiture n'est pas réalisée entre chevrons.
  - Dans le cas d'une toiture-terrasse : un complexe d'étanchéité de toiture-terrasse bénéficiant d'un DTA ou d'une fiche visant le support béton et la destination de toiture-terrasse envisagée.

Les charpente, couverture, isolation et complexes d'étanchéité sont mis en œuvre sur site.

A l'exception des escaliers et jonctions devant être mis en œuvre ou traitées sur site, les principaux éléments de second œuvre non listés ci-dessus, notamment les cloisons de distribution conformes au NF DTU 25.41, les menuiseries intérieures, les fluides sont préférablement mis en œuvre hors-site (cf. 4.1.7).

Les dimensions nominales hors-tout des modules (hors ouvrages complémentaires) sont :

- Largeur : 2,95 m à 3,95 m
- Hauteur : 3,12 m
- Longueur : 4,0 m à 10,0 m

Les modules sont mis en œuvre sur infrastructure béton au moyen de dispositifs d'ancrages, et calfeutrés puis assemblés entre eux par des pièces d'assemblage métalliques.

Les modules CUBIK HOME sont livrés et mis en place au plus tôt 28 jours après la fabrication des panneaux nervurés.

La mise en service du bâtiment intervient au plus tôt 90 jours après la fabrication des panneaux nervurés.

---

CUBIK HOME est le tenant de système. FRANCIOLI prend en charge, sous licence CUBIK HOME, la conception, la fabrication hors-site et la mise en œuvre sur site des modules tridimensionnels, et peut faire intervenir sous sa responsabilité des entreprises sous-traitantes qualifiées pour le dimensionnement de l'ouvrage, pour le transport, la manutention et l'assemblage des modules et pour certains lots de second œuvre.

Les éléments de technique non courante sous-jacents à la demande d'ATEX sont principalement :

- Les éléments nervurés préfabriqués en béton fibré de faible épaisseur et les principes d'armatures spécifiques n'entrant pas dans le champ du NF DTU 22.1 (notamment) ;
- Les principes d'assemblage des éléments nervurés pour former un module tridimensionnel et des modules entre eux ;
- Les particularités de conception et de mise en œuvre des modules tridimensionnels.

## 2 DOMAINE D'EMPLOI

---

Les modules tridimensionnels CUBIK HOME sont destinés à la réalisation, par juxtaposition et/ou superposition, de constructions à usage courant en France métropolitaine, en zones de sismicité 1 à 3 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, pour :

- Les bâtiments d'habitation de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> famille, les locaux relevant du Code du Travail ou les Etablissements Recevant du Public de 5<sup>ème</sup> catégorie ;
- Les catégories d'usage A, B et C1 selon NF NEN 1991-1-1 et son annexe nationale ;
- En limitant l'empilement des modules CUBIK HOME à R+1.

Le domaine d'emploi est également limité :

- Aux bâtiments dont la classe d'exposition selon NF EN 1992-1-1 et EN 206-1/CN n'excède pas XC4 et XF1.
- Aux locaux classés au plus EB+ privatif selon le cahier du CSTB 3567.
- Au climat de plaine, y compris la zone très froide (Altitude < 900 m) telle que définie au NF DTU 20.1 P3.

La zone très froide est définie par une température de base inférieure à -15°C (NF P52-612/CN). Les départements de la zone très froide sont :

- Bas-Rhin, Haut-Rhin, Vosges, Territoire de Belfort, Moselle et Meurthe-et-Moselle pour les altitudes > 400 m.
  - Doubs pour les altitudes > 600 m.
  - Ain, Hautes-Alpes, Isère, Jura, Loire, Nièvre, Rhône, Haute-Saône, Saône-et-Loire, Savoie et Haute-Savoie pour les altitudes > 800 m.
- Aux bâtiments respectant les dispositions cumulatives de juxtaposition et/ou superposition des modules suivantes :
    - Le recouvrement horizontal de modules juxtaposés doit être  $\geq 3,0$  m.
    - Les modules sont superposés sans porte-à-faux ni débord du module supérieur par rapport au module inférieur.
    - Seul le retrait du module supérieur par rapport au module inférieur dans le sens de la longueur est admis.
    - Des joints de dilatation peuvent être présents (dans ce cas nécessairement au droit d'une jonction verticale entre modules).
  - Aux modules ancrés à et supportés par des ouvrages de fondation ou infrastructures en béton armé.

Les limitations du domaine d'emploi résultent également du respect de la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction (cf. §4.3). L'utilisation dans les bâtiments pour lesquels la réglementation incendie requiert des exigences en matière de propagation au feu par les façades est subordonnée à l'établissement d'une appréciation de laboratoire par un laboratoire agréé en résistance et en réaction au feu.

Seuls sont visés les revêtements extérieurs listés au §3.6 dans le respect des limitations du domaine d'emploi de leur référentiel respectif.

En outre, le domaine d'emploi ne vise pas :

- Les bâtiments dont la situation correspond à une exposition aux chlorures.
- Les ouvrages enterrés réalisés en modules CUBIK HOME.

---

## 3 CARACTERISTIQUES DES MODULES ET COMPOSANTS

---

### 3.1 Caractéristiques des composants

#### 3.1.1 BETON FIBRE

Les panneaux nervurés sont préfabriqués avec un béton fibré conforme à la NF EN 206/CN spécifiquement développé pour le procédé CUBIK HOME, dont les caractéristiques sont :

##### Composition

- Granulométrie :  $D_{max} \leq 12$  mm
- Ciment : type CEM III A 52,5 L CP1 conforme à la NF EN 197-1
- Adjuvants : Plastifiant CHRYSOPlast Delta CER ; superplastifiant CHRYSO Planet Préfa F 3S789
- Etalement : SF1
- Mélange de fibres composé de :
  - de fibres métalliques à crochet 65/35 GG de type DRAMIX de BEKAERT
  - de fibres polypropylène
- Classe de teneur en chlorures : Cl 0,4

##### Propriétés mécaniques

- Résistance à la compression  $f_{ck} = 15$  MPa à 1 jour (NF EN 12390-3 ; éprouvettes 11x22)  
 $f_{ck} = 36$  MPa à 7 jours  
 $f_{ck} = 60$  MPa à 28 jours  
 $f_{ck} = 72$  MPa à 90 jours
- Résistance au fendage : 6 MPa à 28 jours (valeur caractéristique)

#### 3.1.2 ARMATURES

Les panneaux nervurés sont préfabriqués avec des armatures de classe B500B selon NF EN 10080.

#### 3.1.3 INSERTS ET ORGANES D'ASSEMBLAGE

Les panneaux nervurés sont pourvus des organes d'assemblage suivants, utilisés pour l'assemblage des panneaux entre eux, des modules entre eux ou des modules aux ancrages de l'infrastructure :

- Douille à trou M20.
- Douille à adhérence droite M30 à double taraudage ( $l = 2\ 720$  mm) pour barre HA25.
- Boulons M30 classe 8.8.
- Rondelle M30L.
- Platines d'assemblage usinées et percées en acier S275 (minimum).
- Douilles à vis DP30/250 (PHILIPP PB Anchor System ; relevant de l'ETA-17/0015) pour l'ancrage à l'infrastructure.

#### 3.1.4 ELEMENTS POUR LA MANUTENTION ET LE LEVAGE

Les panneaux nervurés sont pourvus des organes suivants, utilisés pour la manutention des panneaux en usine ou le levage des modules :

- Ancre à œil et à pied 5 T ( $l = 80$  mm) : manutention des dalles hautes et basses à l'assemblage.
- Douille de manutention HD RD30 de 7,5 tonnes droite ( $l = 700$  mm) ou cintrée à  $90^\circ$  ( $270 \times 490$  mm), pour barre HA25 : manutention des murs et dalles à l'assemblage et levage des modules.
- Rallonge de douille HD RD30 Spéciale ( $l = 240$  mm).
- Douille de manutention RD 24.
- Douille à adhérence droite RD30 à double taraudage ( $l = 2\ 720$  mm) pour barre HA25.

### 3.1.5 CALFEUTREMENTS, MORTIERS DE CALAGE ET DE SCELLEMENT

Le calfeutrement des jonctions entre panneaux nervurés est réalisé au moyen :

- Côté intérieur de la paroi (mur) : avec un joint imprégné précomprimé de type Compriband TRS 20 mm.
- Côté extérieur de la paroi (mur) : avec un mastic SIKADUR 31EF (interface voile-dalle) ou SIKAFLEX 11FC (interface voile-voile).

Le mortier de calage à retrait compensé utilisé entre modules superposés ou entre modules du premier niveau et l'infrastructure est conforme à la NF P18-821. Le mortier de scellement utilisé pour l'ancrage à l'infrastructure est conforme à la NF EN 1504-6.

### 3.1.6 ISOLANT DES PANNEAUX NERVURES

Les panneaux nervurés sont fabriqués avec un isolant PSE conforme à la NF EN 13163 en fond de coffrage, préalablement usiné dans un bloc d'isolant XTherm mur B2I RC60 SE (KNAUF) certifié ACERMI (n°23/007/1646/1) ou de propriétés équivalentes (conductivité thermique  $\leq 0,031$ , coefficient de transmission de vapeur d'eau  $30 \leq \mu \leq 70$ , résistance mécanique en compression  $\geq 60$  Kpa), selon les dimensions fournies au fabricant par FRANCIOLI.

### 3.1.7 CHEVRONS BOIS ET LEURS FIXATIONS

Les panneaux nervurés sont préfabriqués avec des chevrons bois non structuraux positionnés au droit des nervures en fond coffrage et prééquipés de fixations dont la tête en saillie est prise dans le béton après coulage pour permettre l'assemblage.

Les chevrons bois (KVH) sont de section 60 x 80 mm conforme à la NF EN 14081, de classe C24 minimum selon NF EN 338.

Ils sont fixés par vis de  $\varnothing 6,0 \times 60$  mm Powerfast II (FISCHER) à tête plate (ou de dimensions et propriétés mécaniques équivalentes), vissée de 40 mm dans le bois, selon le plan de fabrication à raison de 5 vis minimum par chevron, visant à assurer qu'une charge maximale admissible de 105 kg/m<sup>2</sup> puisse être ensuite fixée aux chevrons (p.ex. plafond suspendu).

La résistance à l'arrachement des vis est égale à la résistance à l'arrachement de la partie filetée dans le bois calculée conformément à la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale (les essais ayant démontré que la résistance côté béton est systématiquement supérieure).

## 3.2 Panneaux nervurés

### 3.2.1 PRINCIPE ET CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

Les panneaux nervurés sont préfabriqués avec des armatures respectant les plans de ferrailage et une poutre périphérique fermant sur leurs 4 côtés selon les caractéristiques décrites au Tableau 1 (voir aussi Figure 1 et Figure 2).

L'épaisseur totale du panneau nervuré (horizontal ou vertical) est de 190 mm.

L'entraxe courant des nervures transversales est de 600 mm.

Les panneaux nervurés respectent par ailleurs les caractéristiques dimensionnelles des modules décrites au §3.3.1.

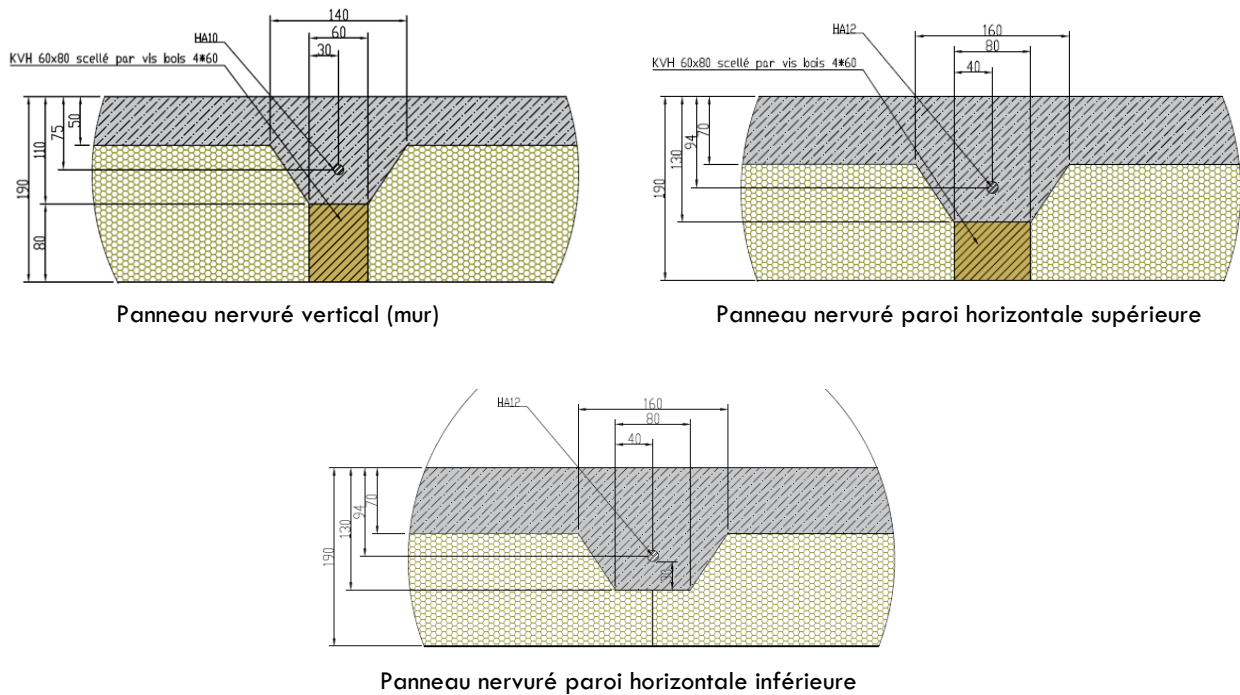
Le chevron bois est mis en œuvre entre les panneaux isolants usinés au droit des nervures transversales.

Les parois horizontales inférieures de module ne comportent en général pas de chevron bois.

Tableau 1 : Caractéristiques particulières des panneaux nervurés horizontaux et verticaux

Caractéristique	Panneau nervuré vertical	Panneau nervuré horizontal
Paroi nervurée en béton fibré	cf. §3.1.1	
Épaisseur de la table ( $e_p$ )	50 mm	70 mm
Nervures	Transversales uniquement	Longitudinales et transversales
Section trapézoïdale ( $l_{min}$ à $l_{max} \times h$ )	60 à 140 x 60 mm	80 à 160 x 60 mm
Armatures minimales	cf. §3.1.2	
	1 x HA10	1 x HA12
Section de poutre périphérique ( $l \times h$ )	130 x 80 mm	130 x 190 mm
Isolant usiné en fond de coffrage	cf. §3.1.6	
Épaisseur ( $e_i$ )	140 mm	120 mm
Type	XTherm mur B2I RC60 SE (ou de propriétés équivalentes)	
Chevron bois	cf. §3.1.7 (*)	
Orientation ( $h$ dans le sens de $e_p$ )	A chant (80 mm)	A plat (60 mm)
Fixations	cf. §3.1.7 Entraxe $\leq 1,20$ m	

(\*) Uniquement pour les parois horizontales supérieures de module.



Panneau nervuré vertical (mur)

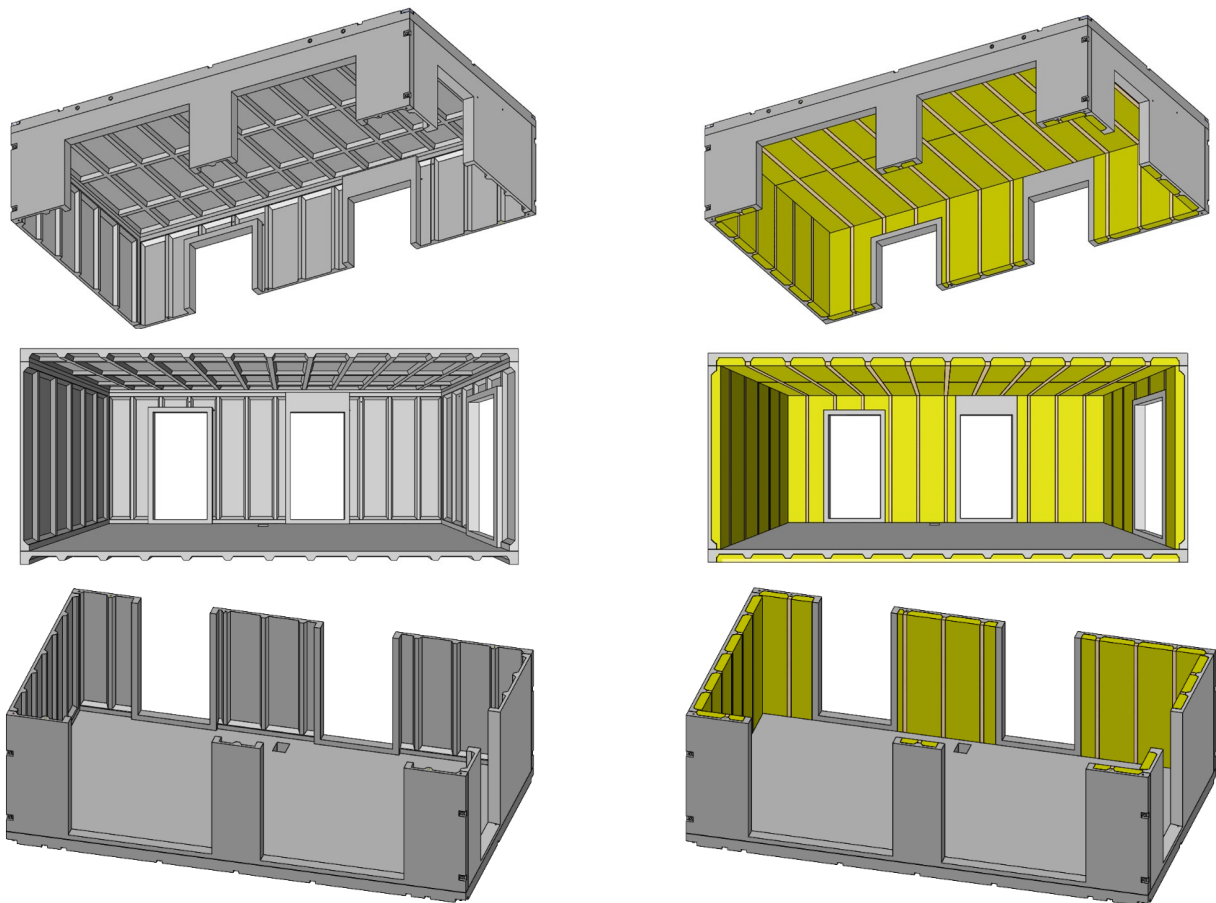
Panneau nervuré paroi horizontale supérieure

Panneau nervuré paroi horizontale inférieure

(Par souci de lisibilité, les vis permettant l'assemblage des chevrons à la paroi nervurée béton ne sont pas figurées ici)

Figure 1 : Panneaux nervurés – Coupe horizontale

Le principe des panneaux nervurés horizontaux et verticaux formant un module es illustré ci-après :



Partie béton fibré seule

Éléments complets (béton fibré, isolant, chevrons)

Figure 2 : Principe des panneaux nervurés horizontaux et verticaux dans un module

Les panneaux sont préfabriqués en incorporant :

- Les armatures minimales (nervures, poutres périphériques, trémies) selon le principe de ferrailage décrit aux §3.2.2 (verticaux) et §3.2.3 (horizontaux), et conformes aux dispositions du §3.1.2.
- Les inserts d'assemblage des panneaux nervurés entre eux décrits au §3.3.2, et conformes aux dispositions du §3.1.3.
- Les inserts de manutention et de levage conformes aux dispositions du §3.1.4.
- Les réservations en vue d'accueillir les vis, goujons, écrous et platines de serrage et d'assemblage dans l'épaisseur du panneau nervuré.
- Les armatures autour des ouvertures dans les murs.

### 3.2.2 PRINCIPES DE FERRAILAGE DES PANNEAUX NERVURES VERTICAUX

Le ferrailage des voiles (panneaux nervurés verticaux) est standardisé selon le plan type du dossier de fabrication. Il comprend des armatures HA10 au droit des nervures (et crosses aux extrémités), HA12 dans les inserts à trou M20 en équerres aux angles, et HA25 sur les bords verticaux.

Le ferrailage au droit des ouvertures suit également un principe standardisé décrit dans le dossier de fabrication, selon qu'un insert de manutention soit localisé au droit de l'ouverture ou non.

Dans les linteaux, l'espacement des cadres est au maximum de 20 cm au droit des zones de recouvrement respectivement de 50 cm en partie courante.

### 3.2.3 PRINCIPES DE FERRAILAGE DES PANNEAUX NERVURES HORIZONTAUX

Le ferrailage des panneaux nervurés horizontaux est standardisé selon le plan type du dossier de fabrication. Il comprend des armatures HA12 au droit des nervures (et crosses aux extrémités) et en périphérie de paroi (poutres), ainsi que pour les équerres et chapeaux au droit des inserts.

Le ferrailage au droit d'une trémie suit également un principe standardisé décrit dans le dossier de fabrication.

En périphérie de trémie, l'espacement des cadres est au maximum de 20 cm au droit des zones de recouvrement respectivement de 50 cm en partie courante.

## 3.3 Modules tridimensionnels

### 3.3.1 CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

Les modules tridimensionnels, et donc les panneaux nervurés qui les composent, sont conçus et préfabriqués en tenant compte des caractéristiques dimensionnelles suivantes.

Les dimensions nominales hors-tout des modules (hors ouvrages complémentaires) sont :

- Largeur : 2,95 m à 3,95 m
- Hauteur : 3,12 m
- Longueur : 4,0 m à 10,0 m

Les ouvertures réalisées dans les parois respectent les limitations suivantes :

- Une seule ouverture  $\leq 7 \text{ m}^2$  est admise dans une paroi horizontale d'un module (ceci ne concerne pas les réservations de petites dimensions n'excédant pas  $0,3 \text{ m}^2$  et dont l'élanement est compris entre 0,3 et 3,33)
- Dans les parois verticales d'un module :
  - La distance minimale (cote extérieure) entre une ouverture et l'angle du module est de 50 cm.
  - La surface totale des ouvertures ne doit pas excéder 60% de la surface nominale d'un mur individuel et 50% de la surface nominale totale de l'ensemble des parois verticales d'un module.
  - La hauteur minimale des linteaux est de 35 cm lorsqu'une douille de manutention est présente au-dessus du linteau et peut être réduite à 12 cm dans le cas contraire.

### 3.3.2 PRINCIPE D'ASSEMBLAGE

L'assemblage des panneaux nervurés horizontaux et verticaux est réalisé selon les principes suivants (cf. Figure 3) :

- L'assemblage structural est réalisé au moyen d'organes métalliques (douilles à trou, douilles à barre d'ancrage, tiges et écrous) conformes aux dispositions du §3.1.3, insérés dans les réservations prévues à cet effet dans les panneaux nervurés
- Un calfeutrement est mis en place en périphérie des éléments de mur avant leur serrage aux éléments adjacents au moyen d'un joint imprégné précomprimé positionné côté intérieur de la paroi et d'un mastic positionné côté extérieur (le joint et le mastic satisfont aux dispositions du §3.1.5).

On distingue :

- Les assemblages voile – dalle formant ancrage et assurant la continuité de la transmission des efforts du haut du bâtiment vers l'infrastructure, décrits et illustrés en Figure 4.
- Les assemblages voile – dalle en partie courante assurant la reprise/transmission des efforts de cisaillement entre voile et dalle, décrits et illustrés en Figure 5.
- Les assemblages voile – voile aux angles assurant la reprise/transmission des efforts entre voiles au droit des angles, décrits et illustrés en Figure 6.

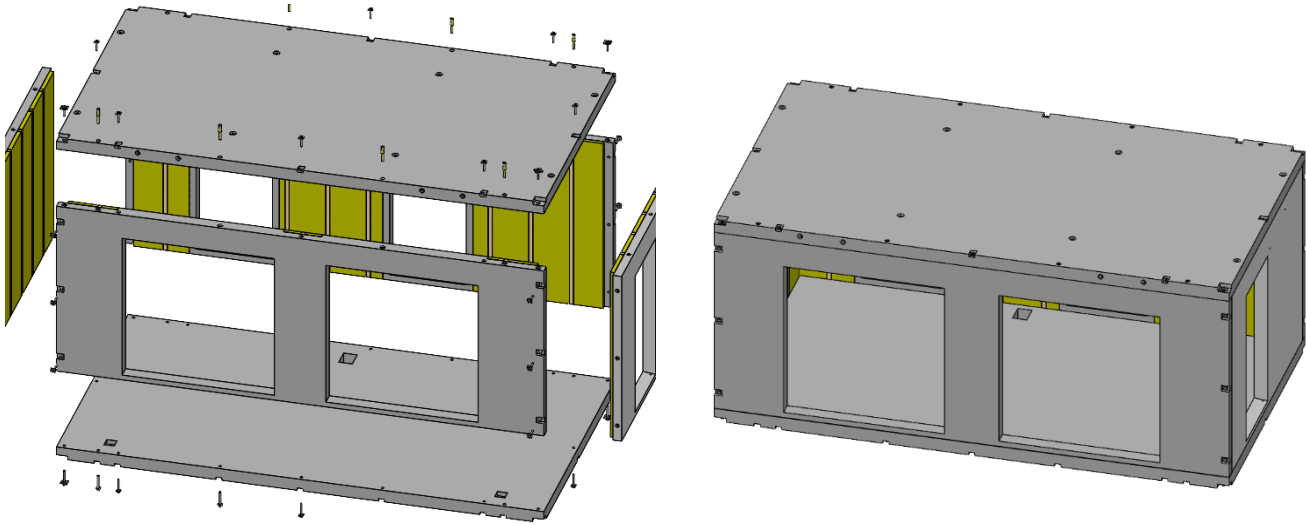


Figure 3 : Principe d'assemblage des panneaux nervurés formant un module tridimensionnel

### Assemblages voile – dalle formant ancrage

L'assemblage est réalisé avec un goujon M30x240 dans la dalle haute respectivement une tige filetée M30x240 dans la dalle basse, vissés à une douille à adhérence droite M30 à double taraudage (à chaque extrémité) de longueur 2 720 mm avec barre HA25 insérée dans la voile, serrés au moyen d'un écrou M30 avec rondelle M30L et une platine d'assemblage (cf.§3.3.3).

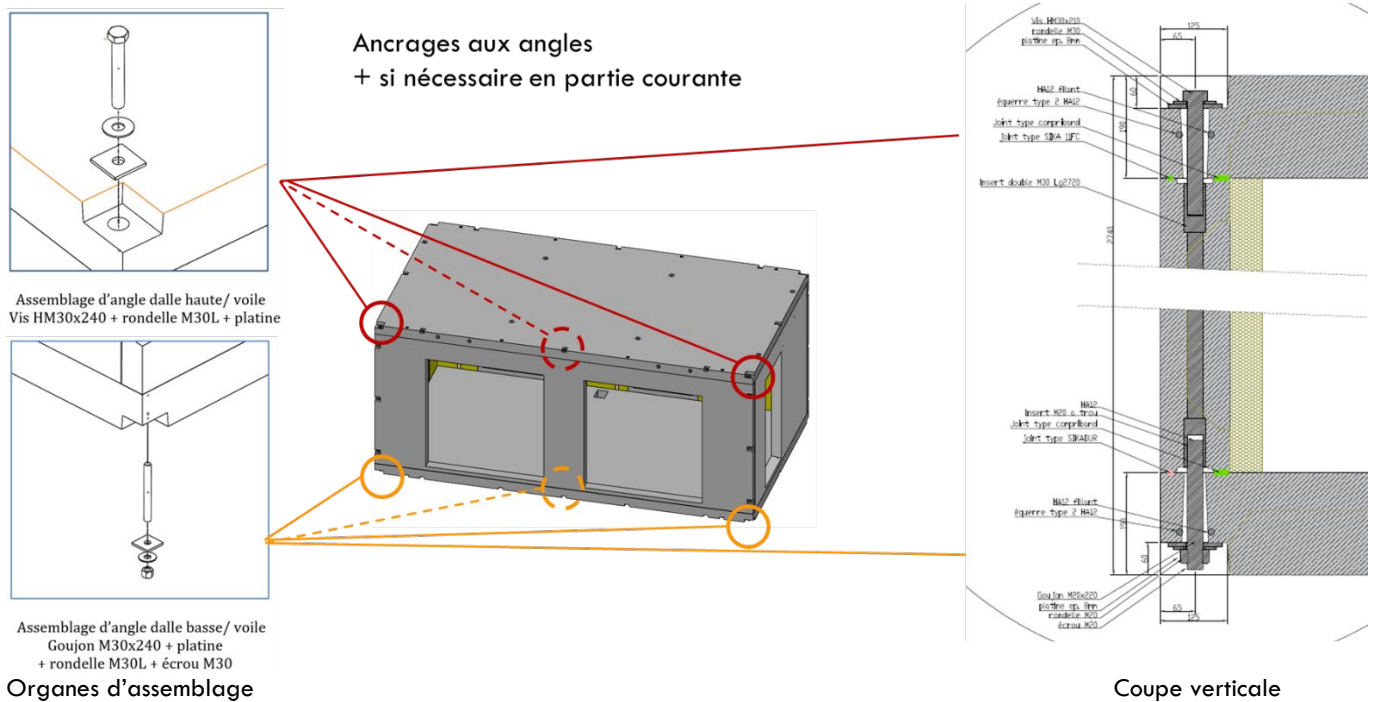


Figure 4 : Assemblage des panneaux nervurés Veile – Dalle formant ancrage

### Assemblages voile – dalle en partie courante

L'assemblage est réalisé avec une vis HM20x240 dans la dalle haute, un goujon M20x240 dans la dalle basse, vissés à une douille à trou M20 positionnée en tête et en pied de voile respectivement, serrés au moyen d'un écrou M20 avec rondelle M20L et une platine de serrage d'épaisseur 8 mm.

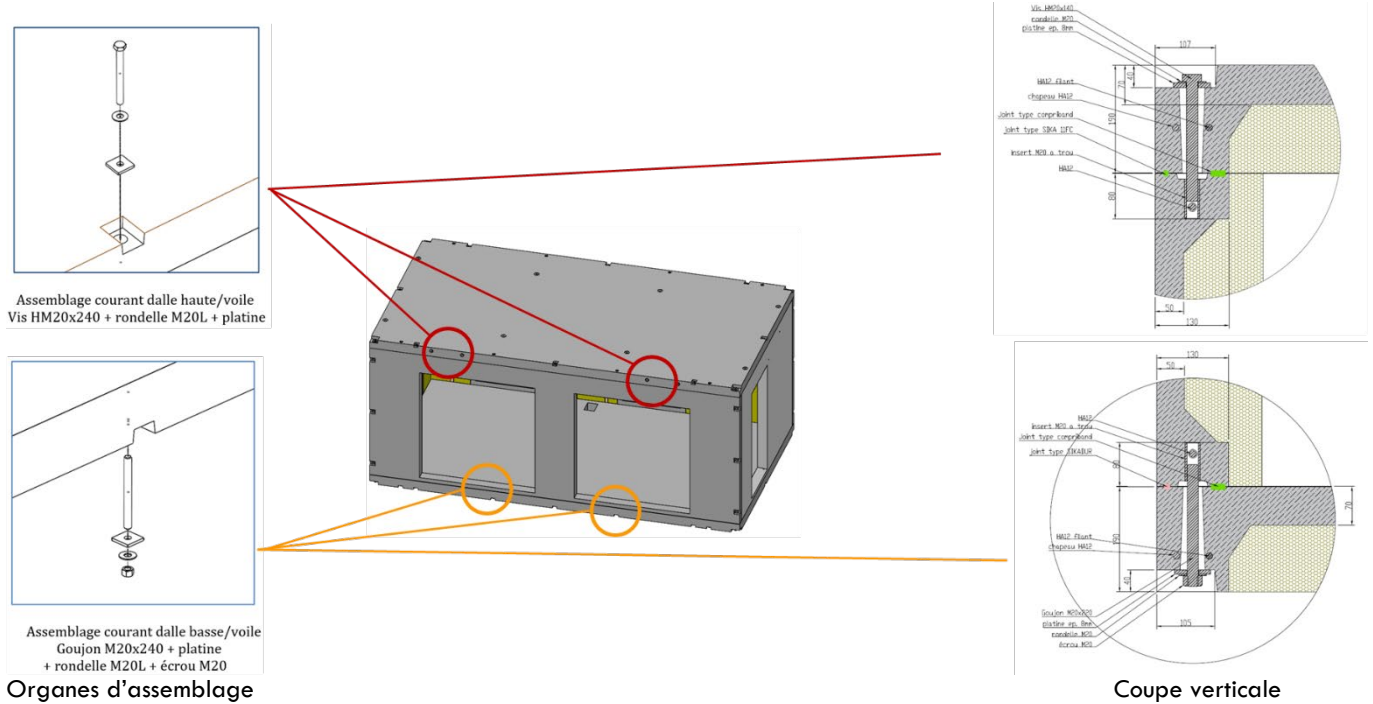


Figure 5 : Assemblage des panneaux nervrés Voile – Dalle en partie courante

### Assemblages voile – voile aux angles du module

L'assemblage est réalisé avec une vis HM20x140 dans le premier voile, vissée à une douille à trou M20 positionnée à la même hauteur dans le voile adjacent, serrés au moyen d'un écrou M20 avec rondelle M20L et une platine de serrage d'épaisseur 8 mm.

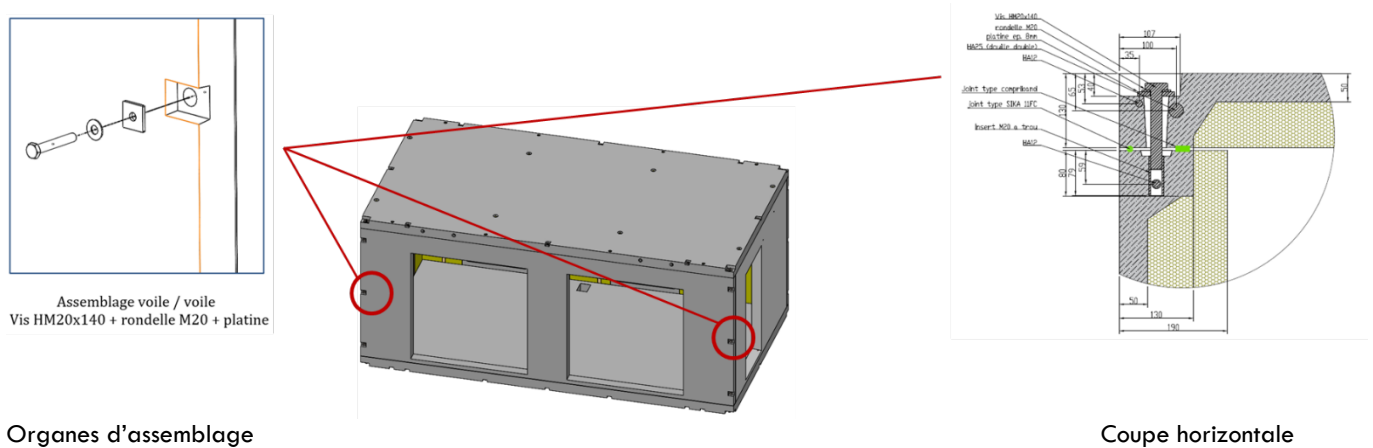


Figure 6 : Assemblage des panneaux nervrés Voile – Voile aux angles du module

### 3.3.3 LIAISONS DES MODULES ENTRE EUX

Chaque module reçoit au droit des points d'ancrage :

- Au niveau de la paroi supérieure une platine métallique de L x P x H = 145 x 110 x 60 mm ;
- Au niveau de la paroi inférieure une platine métallique de L x P x H = 120 x 90 x 60 mm.

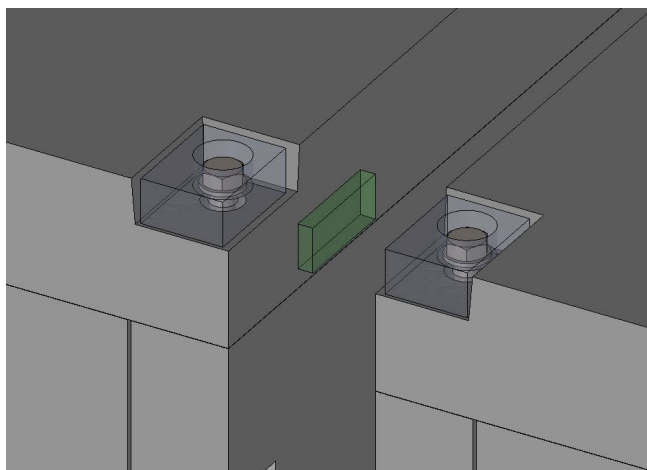
Ces platines sont pourvues d'un percement permettant l'insertion et le serrage de boulons ou tiges filetées M30 permettant de fixer la platine aux douilles.

Le principe de liaison entre modules juxtaposés est identique et illustré en Figure 7.

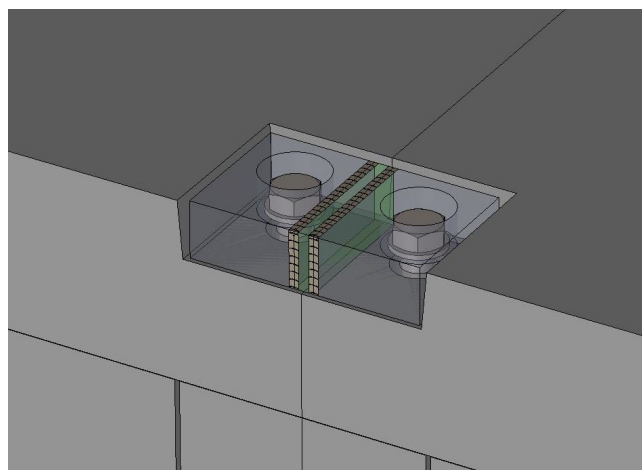
Le principe de liaison entre modules superposés est illustré en Figure 8 et Figure 9.

La liaison des modules entre eux est réalisée par soudure des platines métalliques entre elles, moyennant la mise en œuvre de cales (plaques de calage) métalliques :

- Pour l'assemblage de modules superposés : de  $L \times P \times H = 133 \times 100 \times 10$  mm (ou d'une autre épaisseur adaptée sans être inférieure à 10 mm) ;
- Pour l'assemblage de modules juxtaposés : de  $L \times P \times H = 100$  ou  $135 \times 55 \times 10$  mm (ou d'une autre épaisseur adaptée sans être inférieure à 10 mm) ;

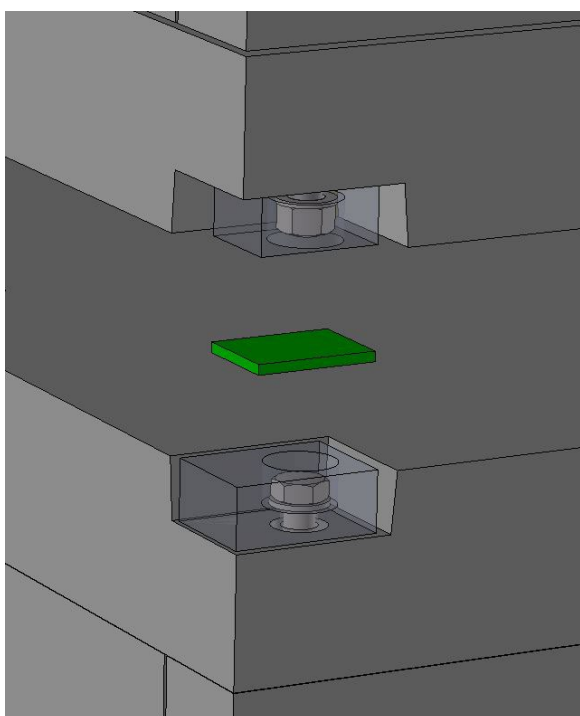


Cale métallique verticale

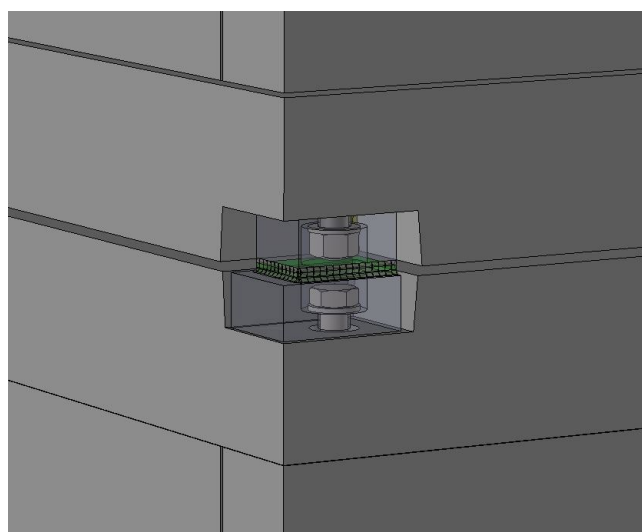


Cordons de soudure entre platines et cale

Figure 7 : Assemblage des modules juxtaposés – Soudure des platines et de la cale métallique verticale



Cale métallique verticale



Cordons de soudure entre platines et cale

Figure 8 : Assemblage des modules superposés – Soudure des platines et de la cale métallique horizontale

### 3.3.4 ANCRAGE A L'INFRASTRUCTURE

Les panneaux nervurés des planchers bas à l'interface de l'infrastructure sont munis d'une platine métallique identique à celle décrite au §3.3.3 au niveau de la paroi inférieure pour l'assemblage des modules entre eux, qui ne joue que le rôle de cale.

L'infrastructure est réalisée en positionnant un dispositif de type ANKROBOX  $\varnothing 95$  mm intérieur ou de dimensions 100 x 100 mm intérieur au droit de chaque ancrage prévu.

Une douille à vis conforme au §3.1.3, vissée à la tige filetée en attente dans la douille de la paroi inférieure du module, permet la liaison avec le module et est scellée dans l'ANKROBOX au moment de la mise en place du module.

Le principe de liaison est illustré en Figure 9.

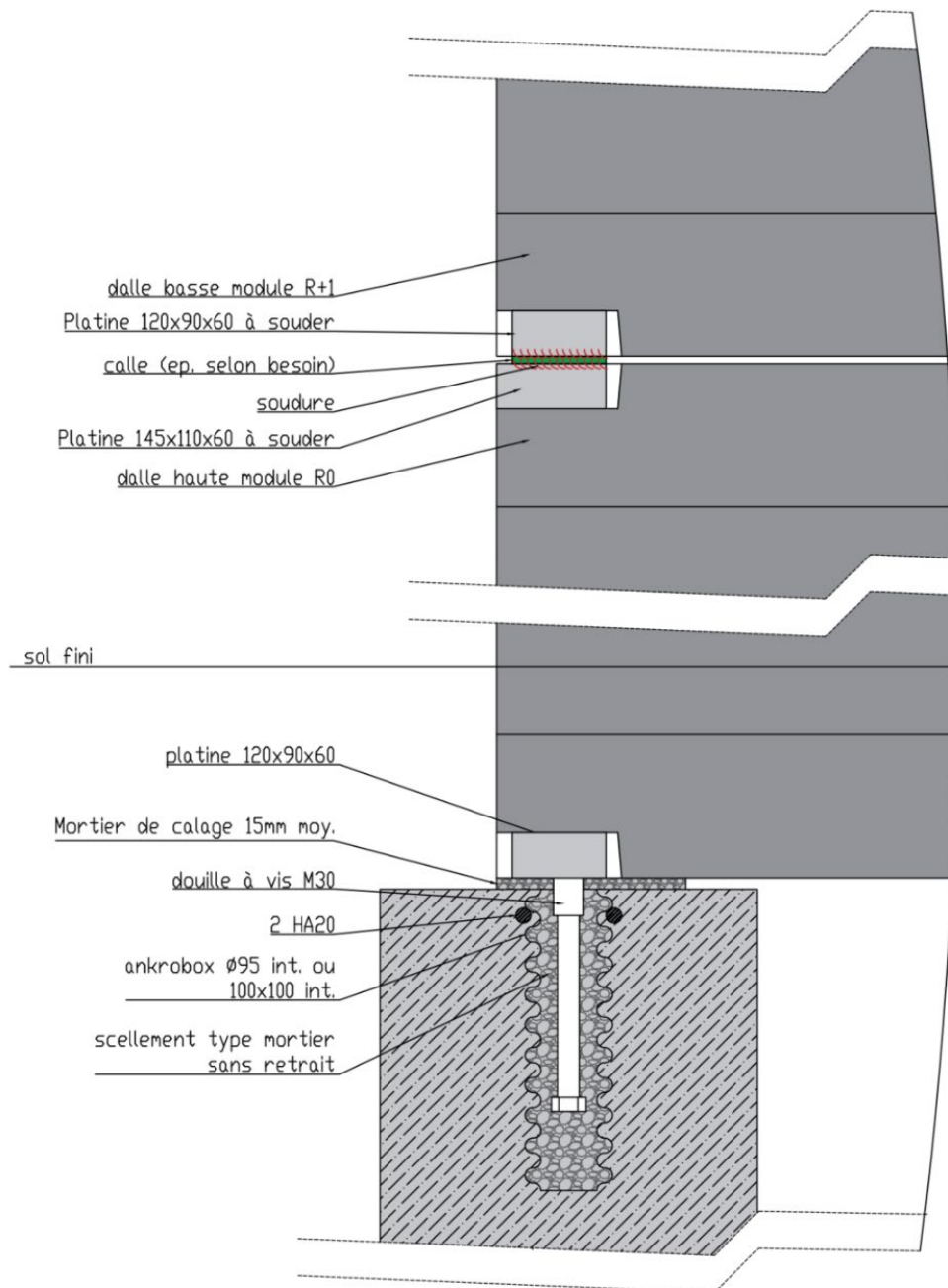


Figure 9 : Ancrage des modules à l'infrastructure et assemblage des modules entre eux (coupe verticale)

### 3.4 Complément d'isolation thermique par l'intérieur (mur extérieur)

Les panneaux nervurés des murs extérieurs (ou ceux en contact avec un local non chauffé) reçoivent systématiquement côté intérieur un complément d'isolation intérieure d'épaisseur comprise entre 40 et 70 mm, sur ossature bois horizontale fixée aux chevrons bois des panneaux et un pare-vapeur.

Sont admis les isolants semi-rigides en laine minérale conforme à la NF EN 13162, ou, en fibre de bois sous Avis technique visant l'isolation de mur par l'intérieur et conforme à la NF EN 13171, certifiés ACERMI ou KEYMARK.

Leur choix (épaisseur, résistance thermique) doit en outre tenir compte des dispositions de conception décrites au §4.4.1.1.

L'ossature bois horizontale est conforme aux dispositions du NF DTU 36.2 P1-2.

La membrane pare-vapeur de valeur  $S_d \geq 18$  m et ses accessoires de pose (p.ex. adhésifs) sont conformes aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2, et font notamment l'objet d'essais de compatibilité prévus à l'annexe D.

### 3.5 Contre-cloisons, cloisons et plafonds

Les panneaux nervurés verticaux reçoivent une contre-cloison formant vide technique, isolé ou non.

Les panneaux nervurés horizontaux supérieurs reçoivent un plafond suspendu non isolé.

Les composants des ouvrages en plaque de plâtre sur ossature métalliques sont conformes au NF DTU 25.41 P1-2.

Les composants des ouvrages en lambris ou panneaux à base de bois sur ossature bois ou métallique sont conformes au NF DTU 36.2 P1-2.

Dans le cas des murs extérieurs (ou de ceux en contact avec un local non chauffé), lorsque le vide technique est isolé :

- Sont admis les isolants en laine minérale conforme à la NF EN 13162, ou, en fibre de bois sous Avis technique visant l'isolation de mur par l'intérieur et conforme à la NF EN 13171, certifiés ACERMI ou KEYMARK, et, selon le type de parement, conformes des NF DTU 25.41 P1-2 ou NF DTU 36.2 P1-2.
- Leur choix (épaisseur, résistance thermique) doit en outre tenir compte des dispositions de conception décrites au §4.4.2.

### 3.6 Revêtements extérieurs

#### 3.6.1 ENDUITS DE FINITION

Les panneaux nervurés verticaux peuvent recevoir sur leur face extérieure un enduit de finition avec couche d'accrochage (gobets ou enduit de dressement) conforme au NF DTU 26.1 P1-2.

La valeur du  $S_d$  de l'enduit doit être  $\leq 0,20$  m.

Dans le cadre de la préparation du support, le remplissage des trous assemblage et autres irrégularités du support est réalisé avec un mortier d'enduit de dressement ou un mortier de réparation du béton à base de liants hydrauliques conforme à la norme NF EN 1504-3 de classe R3 ou R4, le cas échéant après application d'un primaire anticorrosion.

#### 3.6.2 BARDAGES RAPPORTES A LAME D'AIR VENTILEE

Les panneaux nervurés verticaux peuvent recevoir sur leur face extérieure un bardage à lame d'air ventilée, tels que :

- Les bardages bois conformes au NF DTU 41.2 ;
- Les bardages en plaques métalliques autoportantes conformes à la NF EN 14782, relevant des Recommandations Professionnelles RAGE « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable – neuf et rénovation » (juillet 2014) ;
- Les bardages en cassettes, lames ou clins métalliques relevant du Cahier du CSTB 3747 « Guide d'évaluation des ouvrages de bardage incorporant des parements traditionnels en clins ou lames et cassettes métalliques » (mai 2014) à l'exception des bardages double peau ;
- Les bardages en feuilles de zinc supportées relevant du Mémento Façades VMZinc de juin 2020 ;
- Les bardages en panneaux stratifiés HPL ou fibre-ciment conformes aux NF DTU 45.4 P1-1-2, P1-1-3 et P1-2 ;
- Les bardages sous Avis Technique ou Appréciation Technique de Transition visant la mise en œuvre sur support béton.

Il convient de se référer systématiquement à la dernière version en vigueur de ces référentiels.

De manière générale, et lorsqu'elles sont plus restrictives que celles du domaine décrit au §2, il convient de respecter les limitations du domaine d'emploi visé par le NF DTU ou l'Avis Technique ou l'Appréciation Technique de Transition dont relève le bardage concerné.

---

### 3.7 Autres composants mis en œuvre sur les parois horizontales

Les autres composants mis en œuvre sur les parois horizontales, sont décrits, selon la configuration de paroi :

- Au §4.5 pour les chapes et revêtements de sol des parois horizontales inférieures des modules (planchers) ;
- Au §4.6.2.1 pour les complexes de toiture en charpente rapportée, couverture et isolation ;
- Au §4.6.2.2 pour les complexes d'étanchéité de toiture-terrasse.

---

## 4 CONCEPTION

---

### 4.1 Principes généraux

La conception des modules est réalisée dans le respect strict du domaine d'emploi décrit au §2 (destination et typologie de bâtiments, catégories d'usage, exposition, climat intérieur et extérieur, ...).

#### 4.1.1 ROLE DES INTERVENANTS

FRANCIOLI prend en charge systématiquement :

- La conception des modules tridimensionnels et de la structure du bâtiment dans sa globalité, le dimensionnement de la structure et l'analyse globale étant réalisés par le Bureau d'Etudes partenaire AMOCER, préalablement agréé et formé par CUBIK HOME ;
- La fabrication (hors-site), le transport, la mise en place et l'assemblage des modules et leur ancrage à l'infrastructure ;
- La conception et la mise en œuvre soit par une entreprise sous-traitante qualifiée pour le lot concerné sous la responsabilité de FRANCIOLI :
  - Des éventuels éléments complémentaires de gros-œuvre (p.ex. : maçonnerie des pignons en toiture) ;
  - Des éléments de second œuvre mis en œuvre hors-site ou sur site selon les limites de prestation prévues au marché.

FRANCIOLI assure en outre en phase conception :

- La fourniture des informations nécessaires à la conception et à la réalisation par l'entreprise titulaire de ce lot de l'infrastructure et des autres éventuels travaux préparatoires ayant une interface avec les modules.
- La fourniture des informations nécessaires à l'étude thermique et hygrothermique.
- L'interface entre les lots de second œuvre non prévus à son marché et son procédé (p.ex. appui et ancrage de la charpente).

#### 4.1.2 LIMITATIONS DIMENSIONNELLES, DE JUXTAPOSITION ET DE SUPERPOSITION DES MODULES TRIDIMENSIONNELS

Les limitations suivantes s'appliquent pour la réalisation de bâtiments par juxtaposition et/ou superposition de plusieurs modules tridimensionnels :

- Les modules juxtaposés adjacents sont positionnés de sorte à assurer un recouvrement horizontal minimal de 3,0 m.
- Pour les modules superposés :
  - Aucun porte-à-faux ou débord du module supérieur par rapport au module inférieur n'est admis.
  - Seul le retrait du module supérieur par rapport au module inférieur dans le sens de la longueur est admis.Des dispositifs d'ancrage supplémentaires sont alors prévus à l'aplomb des angles du module positionné en retrait, dans les parois verticales du long-pan du ou des modules inférieurs, afin d'assurer la continuité d'ancrage jusqu'à l'infrastructure.

Il convient en outre de respecter les limitations dimensionnelles des modules, des ouvertures et des linteaux décrites au §3.3.1.

#### 4.1.3 TEMPORALITE DE L'EXECUTION DES TRAVAUX

La date de référence ( $t = 0$ ) est la date de fabrication du dernier panneau nervuré du dernier module devant être posé au cours d'un jour de montage donné.

L'assemblage des panneaux nervurés pour former la structure du module tridimensionnel intervient au plus tôt à  $t = 7$  jours.

Les modules CUBIK HOME sont livrés et mis en place au plus tôt à  $t = 28$  jours.

La mise en service du bâtiment intervient au plus tôt à  $t = 90$  jours.

#### 4.1.4 PRINCIPE D'APPUI

Les modules du premier niveau sont ancrés à et supportés par des ouvrages de fondation ou infrastructures en béton armé conformes aux NF DTU 21 et 23.1 (ou éventuel Avis Technique ou DTA).

L'infrastructure est conçue et dimensionnée par l'entreprise titulaire de ce lot, ou un Bureau d'Etudes mandaté par elle ou par le Maître d'Ouvrage ou le Maître d'œuvre.

Il convient d'apporter une attention particulière dès la conception aux tolérances du support des modules décrites au §5.1.2.

L'ancrage est conçu et réalisé conformément aux principes décrits au §3.3.4.

Les modules des niveaux supérieurs sont superposés avec ceux du niveau inférieur en respectant les limitations décrites au §4.1.2.

---

La liaison entre modules superposés est conçue et réalisée conformément aux principes décrits au §3.3.3.

En outre, l'interface horizontale entre modules superposés ou entre modules du premier niveau et l'infrastructure fait intervenir un mortier de calage (cf. §5.2.3 et §5.2.5).

#### 4.1.5 PRINCIPE STRUCTURAL

La conception des modules est réalisée dans le respect strict des dispositions (dimensions, ferrailage, assemblage des panneaux entre eux, liaison des modules entre eux et ancrage à l'infrastructure) décrits au §3.3.

Les surfaces de contact entre modules superposés permettent le transfert des charges descendantes vers l'infrastructure.

Les dispositifs d'ancrage (ensembles formés par les douilles à adhérence droite à double taraudage M30 avec barre HA25, les goujons, tiges ou vis et écrous M30 et les platines d'assemblage) permettent, après liaison des modules superposés entre eux, de transmettre et reprendre les efforts entre modules et entre les modules du premier niveau et l'infrastructure.

Les assemblages voile-dalle et voile-voile permettent, outre l'assemblage des panneaux nervurés, de reprendre et transmettre les efforts internes aux modules entre panneaux nervurés horizontaux et verticaux ou verticaux entre eux.

Les panneaux nervurés assurent la rigidité du module et la reprise des efforts internes agissant sur eux.

L'interface horizontale entre modules superposés ou entre modules du premier niveau et l'infrastructure fait intervenir un mortier de calage induisant une interaction de surface périmétrique en plus des assemblages par soudure des platines métalliques ou des ancrages à l'infrastructure.

La conception s'appuie sur les principes suivants, confortés par l'analyse comparée des essais vraie grandeur réalisés et des simulations numériques de cas enveloppe :

- L'adhérence et le frottement à l'interface horizontale entre modules superposés ou entre modules du premier niveau et l'infrastructure est négligée de manière conservatrice lors du dimensionnement.
- A l'échelle du bâtiment formé d'un ou plusieurs modules CUBIK HOME, chaque module est considéré comme monolithique pour la détermination des efforts agissant sur les liaisons entre modules (juxtaposés et/ou superposés) et les ancrages des modules du premier niveau à l'infrastructure.
- A l'échelle du module, les assemblages sont considérés comme ponctuels et sans continuité de matière entre les parois orthogonales pour la détermination des efforts agissant sur les assemblages et au sein des panneaux nervurés.

#### 4.1.6 COMPOSITION DES PAROIS

De manière générale, seules sont visées les parois dont la composition est décrite au §1 et les composants sont conformes aux dispositions du §3, l'ensemble satisfaisant en outre aux dispositions :

- Du §4.4 pour les parois verticales ;
- Du §4.5 pour les parois horizontales inférieures des modules (planchers) ;
- Du §4.6 pour les parois horizontales supérieures des modules (plafond et/ou toitures).

#### 4.1.7 OUVRAGES REALISES HORS-SITE/SUR-SITE

La conception des modules tridimensionnels et du bâtiment tient compte de la répartition de réalisation hors-site / sur-site suivante. De manière générale, seuls les modules unitaires (cellules non communicantes avec les éventuels modules adjacents) peuvent être intégralement réalisés hors-site.

##### **Ouvrages réalisés hors-site**

Systematiquement :

- Fabrication des panneaux nervurés verticaux et horizontaux ;
- Fabrication des modules tridimensionnels bruts par assemblage des panneaux nervurés ;
- Complément d'isolation intérieure et pare-vapeur ;
- Menuiseries extérieures ;
- Occultations éventuelles.

Préférentiellement :

- Contre-cloisons et plafonds suspendus à l'exception des jonctions entre cellules ;
- Réseaux fluides à l'exception des jonctions entre cellules.
- Cloisons de distribution

## Ouvrages réalisés sur site

Systematiquement :

- Infrastructure béton ;
- Pose, réglage, ancrage à l'infrastructure des modules tridimensionnels et assemblage et calfeutrement des modules adjacents ;
- Escaliers ;
- Raccordements aux réseaux fluides préinstallés et raccords de réseaux fluides intérieurs entre modules ;
- Autres traitements des jonctions entre modules : raccords de pare-vapeur (p.ex. trémies), raccords de contre-cloisons et/ou cloisons, finitions, ... ;
- Le cas échéant, éventuels éléments complémentaires de gros-œuvre (p.ex. : maçonnerie des pignons en toiture) ;
- Le cas échéant, charpente rapportée (bois ou métallique), couverture et isolation de toiture (entre chevrons ou sur dalle) ;
- Le cas échéant, complexe d'étanchéité de toiture-terrasse y compris acrotères ou costières et EP ;

Préférentiellement :

- Revêtements de sols ;
- Revêtements de finition intérieure muraux ;
- Revêtements extérieurs.

## Ouvrages réalisés hors-site ou sur site selon limites de prestations ou conditions particulières prévues au marché :

- Chape flottante ;
- Menuiseries intérieures ;
- Equipements sanitaires.

Selon les opérations et la configuration des modules, les travaux indiqués ci-avant comme étant préférentiellement réalisés hors-site respectivement sur site peuvent également être réalisés sur site respectivement hors-site, par FRANCIOLI ou par un tiers hors marché de FRANCIOLI, selon limites de prestations ou conditions particulières prévues au marché.

### 4.1.8 OUVRAGES CE GROS-ŒUVRE COMPLEMENTAIRES

Lorsque nécessaire (p.ex. pignons pour toiture), les ouvrages de gros-œuvre complémentaires sont conçus et dimensionnés conformément aux NF DTU 20.1 (maçonnerie), 20.12 (reliefs supports d'étanchéité), 21 et 23.1 (ouvrages en béton armé). Leur fixation à la structure des modules est réalisée au moyen de dispositifs incorporés à la fabrication (p.ex. goujons) ou mise en œuvre in situ (p.ex. chevilles à scellement chimique).

## 4.2 Dimensionnement

### 4.2.1 PRINCIPE

L'analyse globale du bâtiment et le dimensionnement de la structure des modules, de leur ancrage et de leurs assemblages sont réalisés par le Bureau d'Etudes décrit au §4.1.1 conformément aux référentiels en vigueur (Eurocodes et leurs Annexes Nationales), en tenant compte des éventuelles dispositions particulières décrites ci-après.

Le dimensionnement des modules est en outre réalisé dans le respect strict des dispositions (dimensions, ferrailage, assemblage des panneaux nervurés entre eux, liaison des modules entre eux et ancrage à l'infrastructure) décrits au §3.3.

La détermination des efforts agissant et des déplacements est réalisée en application du principe structural décrit au §4.1.5.

Le dimensionnement s'appuie sur une modélisation aux éléments finis au moyen d'un modèle conforté par les résultats expérimentaux.

Les parois nervurées sont modélisées sur la base d'un modèle coque en prenant la ligne moyenne de la table de compression pour définir la surface maillée.

### 4.2.2 VERIFICATION EN SITUATION NORMALE

Les actions prises en compte et leurs combinaisons sont déterminées conformément aux NF EN 1990, NF EN 1991-1-1, NF EN 1991-1-3, NF EN 1991-1-4, NF EN 1991-1-5 et leurs Annexes Nationales.

Les enrobages des aciers ont été vérifiés selon les classes d'exposition listées au §2 et sont conformes aux Eurocodes. La vérification de la tenue des ouvrages sous variations thermiques de référence et les contrôles de limitation de fissuration ont également été validés.

Les vérifications en phase provisoire sont réalisées en prenant en compte les propriétés du béton fibrés à 28 jours (cf. §3.1.1).

Les vérifications en phase définitive sont réalisées en prenant en compte les propriétés du béton fibrés à 90 jours (cf. §3.1.1). Lorsque des vérifications sont nécessaires en phase de fabrication, elles sont réalisées en prenant en compte les propriétés à jeune âge correspondant à la phase concernée.

On vérifie à l'ELU :

- La résistance des liaisons entre modules (juxtaposés et/ou superposés) et des ancrages des modules du premier niveau à l'infrastructure vis-à-vis des efforts agissant déterminés en considérant chaque module comme monolithique. Les efforts de cisaillement sont repris uniquement par ces liaisons et ancrages, et sans contribution de l'adhérence ou du frottement à l'interface horizontal entre modules (cf. §4.1.5).
- La résistance des assemblages entre panneaux nervurés et les contraintes au sein des panneaux vis-à-vis des efforts agissant déterminés en considérant ces assemblages comme ponctuels et sans continuité de matière entre les parois orthogonales (cf. §4.1.5).

La vérification des contraintes dans le béton est réalisée conformément à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale.

La vérification des ancrages, liaisons entre modules (soudures) et assemblages entre panneaux nervurée est réalisée selon l'organe concerné conformément aux parties concernées des NF EN 1992-4 et NF EN 1993, à l'ETA de l'organe utilisé ou au référentiel de calcul *ad hoc*.

On vérifie à l'ELS les déplacements globaux, la déformation des voiles et dalles et les déplacements entre modules vis-à-vis des efforts agissant déterminés en considérant chaque module comme monolithique et sans contribution de l'adhérence ou du frottement à l'interface horizontale entre modules (cf. §4.1.5).

#### 4.2.3 VERIFICATION SOUS SOLLICITATION SISMIQUE

Lorsque le bâtiment doit être justifié vis-à-vis du risque sismique conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, l'analyse globale du bâtiment et le dimensionnement de la structure sous sollicitation sismique sont réalisés par le Bureau d'Etudes décrit au §4.1.1 conformément à la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

Les principes de dimensionnement à l'ELU et à l'ELS en situation normale décrits au §4.2.2 s'appliquent également à la vérification sous sollicitation sismique.

### 4.3 Sécurité incendie

#### 4.3.1 RESISTANCE AU FEU

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les modules tridimensionnels CUBIK HOME sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'appréciation de laboratoire de résistance n°38257 du CERIB.

L'appréciation de laboratoire permet d'atteindre un degré de résistance au feu REI 30 pour les éléments porteurs verticaux et pour les planchers.

#### 4.3.2 REACTION AU FEU

L'adéquation entre ce classement des revêtements intérieurs et extérieurs et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du revêtement dans l'ouvrage.

#### 4.3.3 PROPAGATION DU FEU PAR LES FAÇADES

L'utilisation dans les bâtiments pour lesquels la réglementation incendie requiert des exigences en matière de propagation au feu par les façades, dont la participation à l'indice C+D, est subordonnée à l'établissement d'une appréciation de laboratoire conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié par un laboratoire agréé en résistance et en réaction au feu.

### 4.4 Parois verticales

Outre les panneaux nervurés préfabriqués, les parois verticales extérieures sont constituées :

- Côté intérieur :
  - D'un complément d'isolation intérieure sur ossature bois horizontale fixée aux chevrons bois des panneaux et d'un pare-vapeur (cf. §4.4.1 et §4.4.4) ;
  - D'une contre-cloison isolée ou non (cf. §4.4.2) ;
  - Des menuiseries extérieures et éventuelles occultations (cf. §4.4.3) ;
- Côté extérieur, d'un enduit de finition ou d'un bardage rapporté à lame d'air ventilée (cf. §4.4.5 et §4.4.4).

## 4.4.1 COMPLEMENT D'ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR

### 4.4.1.1 Principe et partie courante

Les panneaux nervurés des murs extérieurs (ou ceux en contact avec un local non chauffé) reçoivent systématiquement côté intérieur un complément d'isolation intérieure sur ossature bois horizontale fixée aux chevrons bois des panneaux et un pare-vapeur.

Les composants (isolant, ossature, pare-vapeur) sont conformes aux dispositions du §3.4.

Les fixations de l'ossature bois horizontale satisfont aux dispositions du §4.7.1.

L'épaisseur du complément d'isolation est comprise entre 40 et 70 mm.

La résistance thermique du complément d'isolation est comprise entre 1,1 et < 2,2 m<sup>2</sup>.K/W.

La résistance thermique des murs extérieurs (élément préfabriqué et complément d'isolation) est  $R_{tot} = 4,6 \text{ m}^2.K/W$ .

### 4.4.1.2 Cas particulier des périphéries de menuiseries extérieures

Il convient de respecter les dispositions particulières au niveau du complément d'isolation thermique intérieure en périphérie des menuiseries décrites au §4.4.4 et en Figure 12.

### 4.4.1.3 Cas particulier des trémies d'escalier au contact d'un mur extérieur

Au droit d'une trémie d'escalier située au contact d'un mur extérieur (ou d'un local non chauffé), l'isolant PSE est interrompu par la poutre noyée en périphérie de trémie, dans la paroi supérieure du module inférieur et dans la paroi inférieure du module supérieur.

Sur l'intégralité de la partie en béton visible côté intérieur (hauteur et périphérie) au droit de cette trémie, le complément d'isolation intérieure doit impérativement être en laine minérale (cf. Figure 10).

Compte tenu des contingences de mise en place des modules, ceci revient à laisser une réservation dans le complément d'isolation intérieure mis en œuvre hors-site, et à procéder à la pose de la bande de laine minérale ainsi que du raccord de pare-vapeur sur site après mise en place et assemblage des modules.

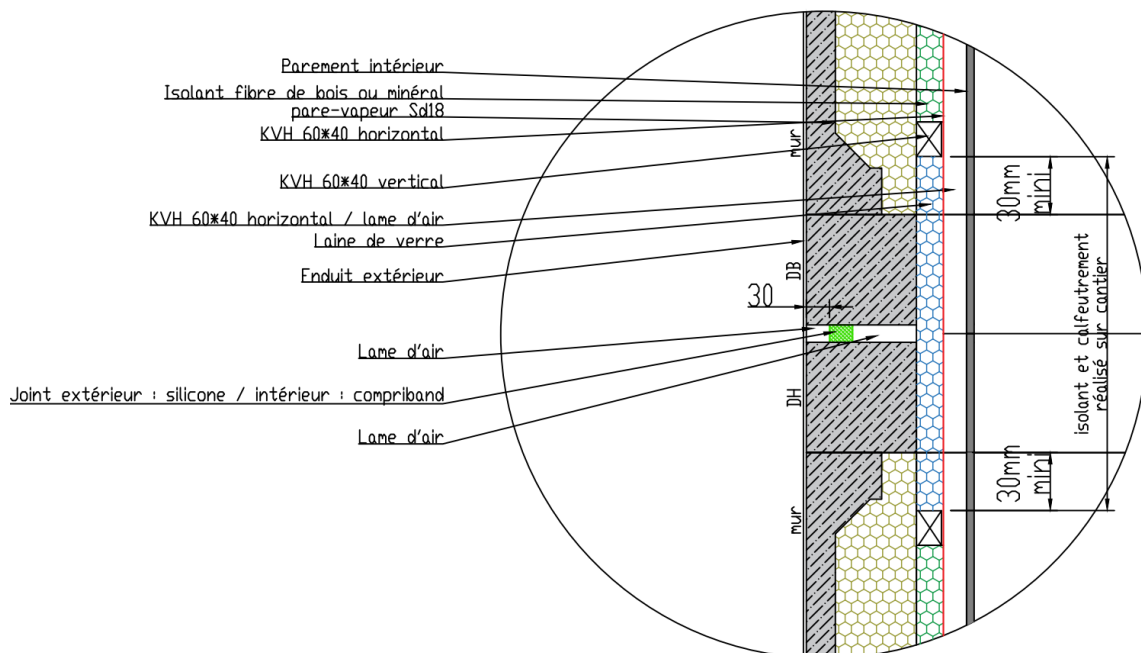


Figure 10 : Complément d'isolation thermique intérieure au droit d'une trémie au contact d'un mur extérieur

## 4.4.2 CONTRE-CLOISON

Les panneaux nervurés verticaux reçoivent une contre-cloison formant vide technique, isolé ou non.

Les composants (isolant éventuel, ossature, parement) sont conformes aux dispositions du §3.5.

L'ossature de la contre-cloison peut prendre appui sur la paroi extérieure ou non.

Lorsqu'elle prend appui sur la paroi extérieure, l'ossature de la contre-cloison est fixée à l'ossature horizontale du complément d'isolation intérieur décrit au §4.4.1 dans le respect des dispositions du §4.7.1.

Dans le cas des murs extérieurs (ou de ceux en contact avec un local non chauffé), la contre-cloison satisfait en outre aux dispositions suivantes :

- L'épaisseur minimale du vide technique (isolé ou non) est de 30 mm et celle de la contre-cloison complète de 40 mm.
- Lorsque le vide technique est isolé, sa résistance thermique n'excède pas  $R_{th} \leq 0,94 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

#### 4.4.3 MENUISERIES EXTERIEURES ET OCCULTATIONS

Les menuiseries extérieures sont posées en applique intérieure contre le chevêtre du panneau nervuré présent à cet effet.

Le choix des menuiseries et la conception de leur intégration sont réalisés conformément au NF DTU 36.5.

La fixation des menuiseries est réalisée dans le chevêtre en béton prévu à cet effet dans le panneau nervuré, au moyen de fixations satisfaisant aux dispositions du §4.7.2.

Les occultations éventuelles sont de technique courante.

#### 4.4.4 ENCADREMENTS INTERIEURS ET EXTERIEURS DES MENUISERIES EXTERIEURES

Une étude de simulation de transferts hygrothermiques pour ce point singulier est réalisée au cas par cas, conformément au Guide SimHuBat (« Détermination des hypothèses pour les simulations de transfert couplés température/humidité dans les parois de bâtiment », PACTE, 2021).

Côté intérieur, sur toute la périphérie des menuiseries extérieures (posées en applique intérieure contre le chevêtre béton du panneau nervuré), sur une largeur minimale 100 mm, le complément d'isolation intérieur doit impérativement être en laine minérale. En pratique, dans le cas d'un complément d'isolation réalisé en partie courante avec un isolant autre que minéral, ceci revient à mettre en œuvre une bande périphérique de laine minérale de largeur 100 mm et d'épaisseur identique à celle du complément d'isolation.

Côté extérieur, sur toute la périphérie des menuiseries extérieures, le chevêtre béton du panneau nervuré reçoit ou non en fonction de l'étude hygrothermique un panneau en mousse phénolique d'épaisseur 20 mm et de largeur 190 mm (épaisseur du panneau et du complément d'isolation intérieure) en tableau, linteau et en appui (p.ex. Webertherm Ultra 22XM de Saint-Gobain Weber).

Ce panneau en mousse phénolique reçoit un habillage rapporté ou un enduit conforme aux prescriptions du fournisseur (p.ex. enduits Webertene XL, Weber épais grain fin, 305F de Saint-Gobain Weber).

Ces principes sont illustrés :

- Figure 11 : coupe horizontale
- Figure 12 : coupe verticale sur fenêtre (ouvrant ou châssis fixe)
- Figure 13 : coupe verticale sur porte ou porte-fenêtre (ouvrant ou châssis fixe)

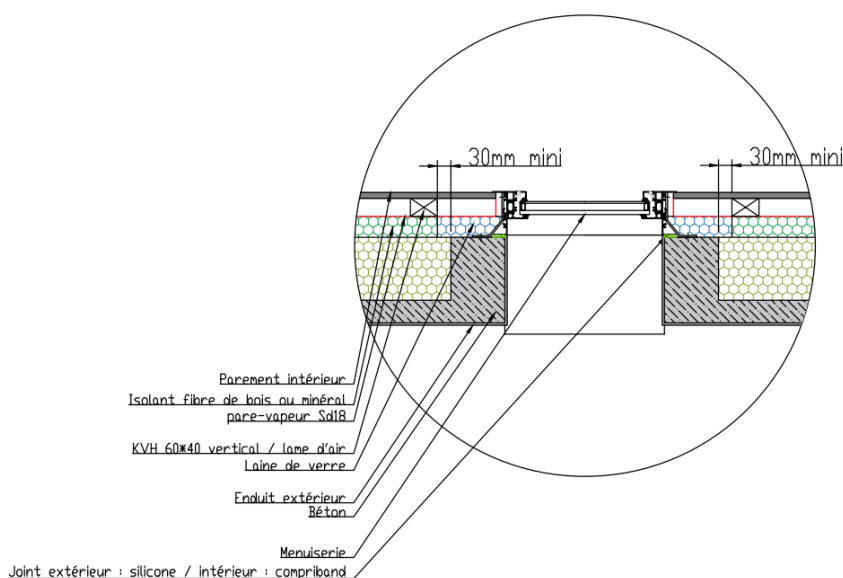


Figure 11 : Intégration des menuiseries extérieures – Coupe horizontale sans panneau en mousse phénolique périphérique

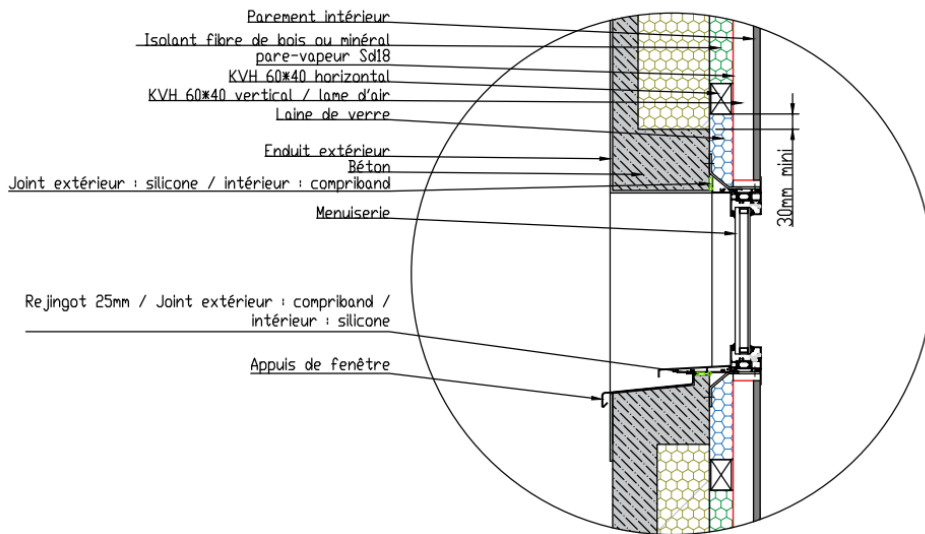


Figure 12 : Intégration des menuiseries extérieures – Coupe verticale sur fenêtre sans panneau en mousse phénolique périphérique

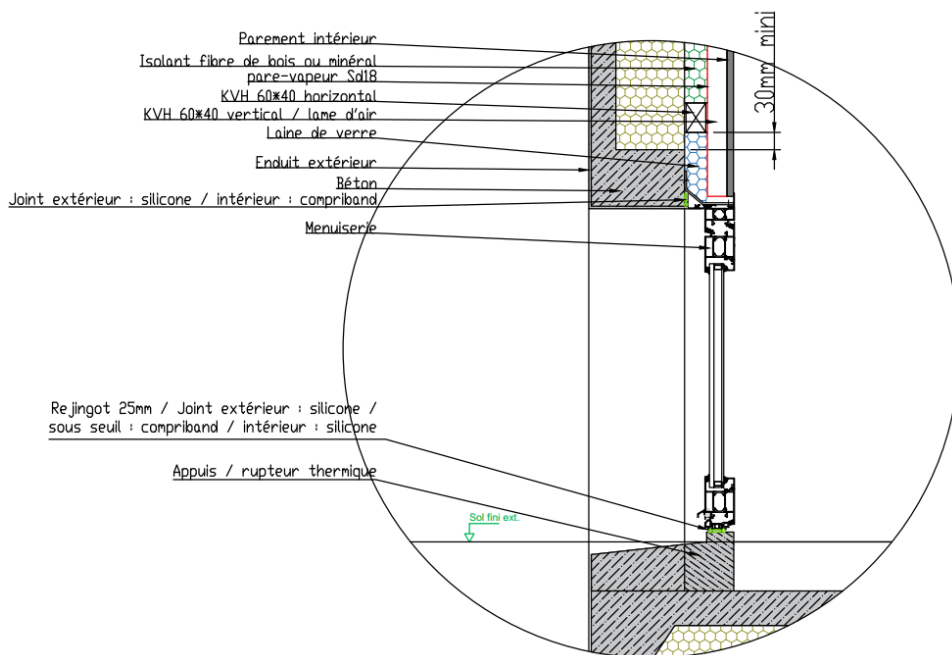


Figure 13 : Intégration des menuiseries extérieures – Coupe verticale sur porte ou porte-fenêtre

#### 4.4.5 REVETEMENTS EXTERIEURS

Les panneaux nervurés verticaux des murs extérieurs (ou de ceux en contact avec un local non chauffé) reçoivent côté extérieur un enduit de finition ou un bardage rapporté à lame d'air ventilée.

Il convient de respecter les dispositions particulières au niveau du traitement d'isolation thermique extérieur en périphérie des menuiseries décrites au §4.4.4 et en Figure 12.

##### 4.4.5.1 Enduit de finition

La mise en œuvre d'une couche d'accrochage (gobetis ou enduit de dressement) conforme au NF DTU 26.1 P1-2 est systématique.

Moyennant la prise en compte de la nécessaire préparation du support en tenant compte de ses particularités (trous d'assemblage, traitement des jonctions entre modules, entoilage des encadrements de menuiseries extérieures et autres points singuliers usuels), notamment par l'utilisation d'enduits de redressement ou de mortier de réparation conformes aux dispositions du §3.6.1, la conception de l'enduite de finition est de technique courante.

#### 4.4.5.2 Bardage rapporté à lame d'air ventilée

Les systèmes de bardage rapporté à lame d'air ventilée sont choisis conformément aux dispositions du §3.6.2.

Seuls les bardages à lame d'air ventilée sans isolation thermique extérieure (ITE) ont été évalués pour le comportement hygrothermique des parois extérieures du procédé CUBIK HOME. La conception d'une paroi avec bardage sur ITE requiert la réalisation préalable au cas par cas d'une étude de simulation de transfert hygrothermique conformément au guide SimHuBat réalisé dans le cadre du programme PACTE.

La conception du système de bardage rapporté est de technique courante, conformément à son référentiel listé au §3.6.2.

On s'assure néanmoins que les fixations de l'ossature primaire soient réalisées exclusivement :

- Au droit des nervures du panneau (repérées de manière visible par FRANCIOLI sur la face extérieure des modules concernés), dans les épaisseurs de poutres périphériques des panneaux horizontaux et dans les chevêtres de menuiseries extérieures ;
- Avec des chevilles métalliques conformes aux dispositions du §4.7.2.

De manière générale, et lorsqu'elles sont plus restrictives que celles du domaine décrit au §2, il convient de respecter les limitations du domaine d'emploi visé par le NF DTU ou l'Avis Technique ou l'Appréciation Technique de Transition dont relève le bardage concerné.

## 4.5 Parois horizontales inférieures des modules (planchers)

Les parois horizontales inférieures des modules forment systématiquement le plancher du niveau concerné.

Outre les panneaux nervurés dont la face béton est orientée vers le haut, les parois inférieures (planchers) des modules sont constituées :

- D'une chape flottante (cf. §4.5.1) ;
- Du revêtement de sol (cf. §4.5.2) ;

### 4.5.1 CHAPE FLOTTANTE

De manière générale, le plancher des modules reçoit systématiquement une chape flottante conforme aux NF DTU 26.2 et 52.10 ou sous Avis technique ou DTA visant les supports béton. La configuration standard et préférentielle est décrite ci-après.

En partie courante, la chape flottante est réalisée au moyen d'un procédé de chape sèche sous Avis Technique ou DTA visant le support béton avec isolant complémentaire d'épaisseur 80 mm visé par l'AT ou DTA du procédé (p.ex. KNAUF BRIO 18 mm relevant du DTA 13/19-1415\_V2 avec couche d'isolant complémentaire KNAUF Therm Sol NC TH35 d'épaisseur 80 mm).

Dans les salles d'eau nécessitant la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut », la chape flottante est réalisée conformément aux NF DTU 26.2 et 52.10 et à l'Avis Technique, DTA ou ATEx du système d'étanchéité liquide visant la mise en œuvre sur chape flottante (cf. §4.9) tout en respectant les dispositions du *Guide pour la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut » dans les salles d'eau à usage individuel en travaux neufs*.

### 4.5.2 REVETEMENTS DE SOL

Le choix des revêtements de sol ne revêt pas de particularité vis-à-vis de la technique courante dès lors que l'on respecte :

- En partie courante : les revêtements de sols admis par l'Avis Technique ou DTA du procédé de chape sèche ;
- En salle d'eau avec douche accessible « zéro ressaut » : les revêtements de sols admis par l'Avis Technique, DTA ou ATEx du système d'étanchéité liquide et les dispositions (notamment pour la glissance) du *Guide pour la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut » dans les salles d'eau à usage individuel en travaux neufs*.
- Les dispositions du référentiel (NF DTU) du revêtement de sol.

## 4.6 Parois horizontales supérieures des modules (plafonds, toitures)

Outre les panneaux nervurés dont la face béton est orientée vers le haut, les parois supérieures des modules sont constituées :

- Côté intérieur, d'un plafond suspendu non isolé (cf. §4.6.1).
- Côté extérieur :
  - Dans le cas d'un module supportant un autre module superposé : la face béton est laissée brute.
  - Dans le cas d'un module supportant une charpente rapportée et sa couverture (cf. §4.6.2.1) : la face béton est laissée brute, un complément d'isolation étant mis en œuvre sur dalle lorsque l'isolation de la toiture n'est pas réalisée entre chevrons.

- Dans le cas d'une toiture-terrasse (cf. §4.6.2.2) : d'un complexe d'étanchéité de toiture-terrasse.
- En cas de retrait du module supérieur par rapport au module inférieur, la paroi supérieure de ce dernier est concernée par les deux situations pour chacune des zones concernées.

#### 4.6.1 PLAFOND

Le plafond suspendu non isolé est conforme au NF DTU 25.41 (plafonds en plaques de plâtre) ou au NF DTU 36.2 (plafond en bois) ou sous Avis technique ou DTA visant le support bois.

La conception du plafond suspendu ne revêt pas de particularité vis-à-vis de la technique courante dès lors que l'on fixe son ossature aux chevrons bois des panneaux nervurés formant support ou aux poutres béton en périphérie des trémies, dans le respect des dispositions du §4.7.1.

#### 4.6.2 TOITURE

Les panneaux nervurés de la paroi supérieure des derniers modules, dont la face béton est orientée vers le haut, forment support de la toiture constituée :

- Soit d'une charpente rapportée support de couverture (cf. §4.6.2.1) ;
- Soit d'un complexe d'étanchéité de toiture terrasses (cf. §4.6.2.2).

En aucun cas la surface brute de la paroi supérieure des modules ne peut former à elle seule la toiture du bâtiment.

La résistance thermique de la paroi supérieure (panneau nervuré seul) hors isolation supplémentaire  $R_{tot} \geq 3,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$  (valeur arrondie).

##### 4.6.2.1 Charpente rapportée et couverture

###### Charpente

La charpente rapportée est :

- A structure bois conforme au NF DTU 31.1 (charpente traditionnelle) ou NF DTU 31.3 (charpente industrielle) et dimensionnée conformément à la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale, ou
- A structure métallique conforme au NF DTU 32.1 ou 32.3, à la NF EN 1090 et dimensionnées conformément à la NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale. Ce type de charpente n'est admis que pour les combles perdus (non aménagés).

La conception des charpentes ne revêt pas de caractère particulier vis-à-vis de la technique courante dès lors que ses ancrages et appuis à la structure des modules tridimensionnels sont exclusivement réalisés dans les poutres noyées situées en périphérie des modules dans le respect des dispositions du §4.7.2.

Le principe de fixation et les charges transmises par la toiture doivent être préalablement vérifiées et validées par FRANCIOLI.

###### Couverture

Le choix et la conception de la couverture relèvent du domaine traditionnel et respectent les NF DTU, moyennant le respect des supports admis selon le type de couverture.

###### Isolation de comble aménagé

Lorsque le comble est aménagé, la toiture est isolée et la face béton de la paroi supérieure du dernier module est laissée brute. L'isolation de la toiture relève du NF DTU 45.10.

###### Isolation de comble non aménagé

Lorsque le comble est non aménagé, la face béton de la paroi supérieure du dernier module reçoit systématiquement une isolation supplémentaire soit en panneaux ou rouleaux conformément aux dispositions du NF DTU 45.10, soit en vrac conformément aux dispositions du NF DTU 45.11.

La mise en œuvre d'une membrane pare-vapeur  $S_d \geq 18 \text{ m}$  est nécessaire en sous face de la paroi supérieure du dernier module conformément aux dispositions du *Guide de pose du pare-vapeur dans le cadre des travaux d'isolation* (ADEME, CSTB, 2021).

La résistance thermique de l'isolation supplémentaire doit être supérieure ou égale à :

- deux fois (règle des 2/3 – 1/3) la résistance thermique de la paroi supérieure du module (paroi nervurée béton + isolant), soit  $R \geq 6,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , en climat de plaine hors zone très froide, et
- trois fois (règle des 3/4 – 1/4) la résistance thermique de la paroi supérieure du module (paroi nervurée béton + isolant), soit  $R \geq 9,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , en zone très froide.

#### 4.6.2.2 Toiture terrasse

##### Principe

La paroi supérieure des modules forme support d'un complexe d'étanchéité de toiture-terrasse bénéficiant d'un DTA ou d'une fiche visant le support béton et la destination de toiture-terrasse envisagée.

La surface supportant un complexe d'étanchéité n'excède en général pas les limites d'un module. Dans le cas contraire, les reliefs sont impérativement réalisés en périphérie de chaque module, et la jonction inter-modules traitée comme un joint de dilatation. Le pontage d'une jonction entre module par la membrane d'étanchéité n'est ni prévu ni admis.

En tant que structure porteuse plane en éléments préfabriqués en béton fibré, le procédé CUBIK HOME s'apparente à un support béton de type A au sens du NF DTU 20.12.

##### Typologie de toitures-terrasses

La paroi horizontale supérieure des modules CUBIK HOME permet la réalisation de toitures inaccessibles, techniques ou accessibles correspondant aux catégories d'usage H et I selon la NF EN 1991-1-1, dans ce dernier cas uniquement pour des usages correspondant aux catégories d'usage A, B et C1.

Elle permet la réalisation de toitures isolées (toiture chaude) de pente  $\leq 5\%$  (avec forme de pente rapportée conforme au NF DTU 20.12) :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots ou platelage bois selon les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois de la CSFE (juin 2017).

Les toitures-terrasses peuvent être à pente nulle, dans le respect des dispositions du NF DTU 43.1 et du DTA ou de la fiche système de l'isolant et du revêtement d'étanchéité.

Les fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité ou de l'isolant support ne sont pas admises (l'épaisseur de la dalle de compression béton étant inférieure à 80 mm).

Seuls sont admis les systèmes d'étanchéité sous protection lourde (cf. infra).

Les systèmes d'étanchéité à isolation inversée ne sont pas visés.

##### Pare-vapeur

En toitures inaccessibles, techniques et végétalisées, le pare-vapeur est constitué d'une feuille bitumineuse conformément aux DTA ou fiches systèmes de revêtements d'étanchéité visant la pose sur support maçonnerie.

En toitures accessibles aux piétons et au séjour avec protection par dalles sur plots, ou platelage en bois, une couche de protection composée d'un revêtement d'étanchéité mono ou bicouche en bitume modifié conformément au DTA ou à la fiche système du revêtement d'étanchéité est rapportée sur la paroi horizontale supérieure du module et fait office de pare-vapeur.

##### Isolation

Les panneaux isolants support d'étanchéité sont placés sur le pare-vapeur, lui-même appliqué sur la paroi horizontale supérieure du module. Les panneaux isolants supports d'étanchéité doivent :

- Être conformes aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2024 et bénéficier d'un certificat ACERMI et d'une fiche système établis conformément aux dispositions des Règles Professionnelles ;
- Bénéficier d'un Document Technique d'Application visant leur emploi sur élément porteur en maçonnerie et pour la destination de toiture envisagé, dans le cas des procédés d'isolation mixte.

##### Revêtement d'étanchéité

Sont admis, des systèmes adhérents, semi-indépendants ou indépendants sous protection lourde :

- Faisant l'objet d'un Document Technique d'Application validé en GS 5.2 ;
- Conformes aux Règles Professionnelles « Étanchéité sous protection lourde » de janvier 2025, dans le cas des revêtements d'étanchéité en bitume modifié SBS et APP mis en œuvre en indépendance, en adhérence, ou en semi-indépendance par écran perforé et des revêtements d'étanchéité en PVC-P mis en œuvre en indépendance.

## Protection lourde

Seuls sont visées les protections lourdes suivantes :

- Protection lourde meuble, définie dans le NF DTU 43.1 ;
- Dalles posées à sec, définies dans le NF DTU 43.1 ;
- Dalles sur plots en béton (bénéficiant de la marque NF 187) ou en pierre naturelles, définies dans le NF DTU 43.1 ;
- Dalles ou carreaux céramiques sur plots, définies dans les Règles Professionnelles « Dalles céramiques sur plots sur étanchéité » ;
- Dalles en bois sur plots, citées et décrites dans le DTA ou la fiche système du revêtement d'étanchéité et conformes au §4.3.5.2 des Règles Professionnelles « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025 ;
- Platelage bois sur plots, défini dans les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois de la CSFE (juin 2017) ou bénéficiant d'un Avis Technique;
- Végétalisation, bénéficiant d'un Avis Technique visant la pose sur élément porteur en maçonnerie.

## Végétalisation

Le procédé de végétalisation fait l'objet d'un Avis Technique visant son emploi sur élément porteur en maçonnerie.

La réalisation de toiture-terrasse végétalisée doit se faire conformément à son Avis Technique (prise en compte de la charge de sécurité forfaitaire de 15 daN/m<sup>2</sup> définie par les Règles Professionnelles Toitures Terrasses et toitures végétalisées Edition n°3 de mai 2018).

## Dispositions de conception particulières

Il convient de respecter les dispositions suivantes :

- La planéité de l'élément porteur et la préparation du support doivent être conformes aux NF DTU 20.12 et 43.1.
- Evacuation des eaux pluviales :
  - Elle se fait par l'intermédiaire de boîtes à eau. Aucun dispositif d'évacuation des eaux pluviales n'est situé à l'intérieur d'un module ni ne traverse sa paroi horizontale supérieure.
  - L'implantation des dispositifs d'évacuation est conforme à l'annexe C du NF DTU 20.12 et DTU 60.11 P3.
  - Lorsque les trop-pleins sont obligatoires (cf. §C4.4 du NF DTU 20.12), leur implantation est conforme au §8.6.1 du NF DTU 43.1 et au §C4.4 du NF DTU 20.12.
- Les reliefs sont :
  - En béton, conformes au NF DTU 20-12 et à son amendement A2, réalisés sur site et liaisons aux modules par l'intermédiaire d'inserts présents dans la paroi horizontale supérieure du module ou par scellement chimique ; ou
  - Des costières métalliques dans la limite d'application du NF DTU 43.1, fixées mécaniquement dans les poutres périphériques des modules (dont l'épaisseur est supérieure à 80 mm) en respectant les dispositions du §4.7.2 et la profondeur minimale d'ancrage de la fixation.
- La résistance au vent du complexe d'étanchéité est celle indiquée dans son Document Technique d'Application en tenant compte de l'effort de vent extrême au sens des NV65 modifiées ou selon la NF EN 1991-1-4 (Eurocode).
- La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité doit être supérieure ou égale, à :
  - deux fois (règle des 2/3 – 1/3) la résistance thermique de la paroi supérieure du module (paroi nervurée béton + isolant), soit  $R \geq 6,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ , en climat de plaine hors zone très froide, et
  - trois fois (règle des 3/4 – 1/4) la résistance thermique de la paroi supérieure du module (paroi nervurée béton + isolant), soit  $R \geq 9,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ , en zone très froide.
- Le traitement des jonctions entre modules (équipés chacun d'un relief) et des éventuels joints de dilatation est réalisé conformément aux dispositions du NF DTU 43.1 et/ou du référentiel (DTA ou fiche système) du revêtement d'étanchéité.
- Les éventuelles traversées de la paroi horizontale supérieure du module sont prévues à la conception et intégrées lors de la préfabrication des éléments. La réalisation de percements sur site est exceptionnelle et ne peut être réalisée que dans le respect des dispositions du §4.8.

Le dimensionnement de la paroi horizontale du module réalisé sous la responsabilité de FRANCIOLI (cf. §4.1.1) tient compte du poids propre du complexe d'étanchéité, de la protection ainsi que des charges d'eau (végétalisation) et éventuelles surcharges forfaitaires imposées par les référentiels des composants du complexe d'étanchéité et de la protection.

Le système d'étanchéité de toiture-terrasse souhaité doit impérativement être préalablement vérifié et validé par FRANCIOLI.

## Equipements techniques

Les équipements techniques sont positionnés sur des massifs en béton posés sur le revêtement d'étanchéité.

On s'assurera de la stabilité effective de ces massifs sous vent ascendant s'appliquant à l'équipement permanent. Afin de pouvoir effectuer les opérations d'entretien de la toiture et les éventuelles réfections, il est nécessaire de prévoir une hauteur minimale,  $h$ , entre le bas des équipements et la protection du revêtement d'étanchéité des parties courantes. Si les équipements sont fixes, cette hauteur est fonction de la longueur  $L$  d'encombrement horizontal de ces équipements :

- Si  $L \leq 1,20$  m,  $h = 0,40$  m ;
- Si  $L > 1,20$  m,  $h = 0,80$  m.

Si les équipements peuvent être démontés lors de la réfection, cette hauteur peut être ramenée à 0,30 m.

L'équipement est solidarisé à un ou plusieurs massifs en béton posés sur le revêtement d'étanchéité ou sa protection. Ce cas n'est possible que si chaque massif est transportable et l'équipement démontable, sans recours à des engins de levage (Est considéré comme transportable un massif de 90 kg maximum déplaçable par deux personnes. Est considéré comme démontable un équipement pouvant être démonté en éléments n'excédant pas chacun 90 kg.). De plus, l'implantation des massifs ne doit pas gêner l'écoulement des eaux de pluie. Chaque massif repose sur un matériau résilient adapté (polystyrène expansé ou polystyrène extrudé).

Il doit être dimensionné de la façon suivante :

- Sa plus petite dimension d'appui n'est pas inférieure à 0,40 m ;
- La pression admissible au niveau du revêtement d'étanchéité est la plus petite des deux valeurs suivantes :
  - Celle indiquée dans la fiche système ou le DTA du revêtement d'étanchéité ;
  - Celle indiquée pour cette utilisation dans les DTA ou la fiche système des panneaux isolants supports d'étanchéité.

La pression admissible est à comparer avec la somme non pondérée des contraintes appliquées, spécifiques à l'ouvrage, déterminées à partir de la NF P 06-001 et des Règles NV65 modifiées.

## 4.7 Fixations

### 4.7.1 FIXATIONS COTE INTERIEUR DES PAROIS

La fixation côté intérieur des parois est admise uniquement pour la fixation des ossatures de contre-cloisons ou plafonds, ou des dispositifs de maintien des réseaux fluides, et dans les chevrons bois au droit des nervures transversales des panneaux, au moyen de vis conformes à la NF EN 14592 ou au référentiel de l'élément fixé pour une fixation dans le support bois.

La fixation d'autres éléments côté intérieur ne peut intervenir que dans les parois finies (contre-cloison, cloisons de distribution) au moyen de fixations adaptées.

Tel que décrit au §3.1.7, la charge maximale admissible par les chevrons bois est de 105 kg/m<sup>2</sup>.

Toute fixation dans les chevrons doit être préalablement vérifiée et validée par FRANCIOLI.

Ces limitations ne s'appliquent pas aux fixations réalisées dans les chevêtres des ouvertures et des trémies qui peuvent recevoir des fixations conformément aux dispositions du §4.7.2.

### 4.7.2 FIXATIONS COTE EXTERIEUR DES PAROIS

La fixation côté extérieure de paroi dans le béton fibré des panneaux nervurés est admise uniquement :

- Dans l'épaisseur des poutres périphériques des panneaux nervurés ;
- Au droit des nervures des panneaux nervurés ;
- Dans les chevêtres de menuiseries intérieures ;
- Avec des chevilles métalliques relevant de l'EAD 330232-00-0601 (et de l'EAD 330250-00-0601 en situation sismique) ou de vis à béton relevant de l'EAD 330011-00-0601, dont l'Evaluation technique Européenne vise le béton fibré.

Par exemple : chevilles FAZ II Plus (FISCHER) relevant des ETA-19/0520 et ETA-20/0897 ou vis à béton FBS II Ultracut (FISCHER) relevant de l'ETA-15/0352

Toute fixation dans le béton fibré doit être préalablement vérifiée et validée par FRANCIOLI.

La fixation au droit des nervures requiert leur repérage préalable qui ne peut être réalisé que par ou après consultation de FRANCIOLI.

---

## 4.8 Réservations - Percements

Les réservations sont intégrées à la conception des parois des modules et leur présence prise en compte dans le dimensionnement. Leur traitement (armatures, poutres/poteaux formant chevêtre, ...) sont intégrés dans les plans de fabrication des parois.

La préfabrication est la règle.

Lorsque la réalisation d'un percement sur site s'avère exceptionnellement nécessaire dans une paroi horizontale ou verticale, celle-ci sera impérativement circulaire, de diamètre  $\leq 110$  mm, soumise à l'approbation préalable de FRANCIOLI et réalisée conformément à la fiche d'atelier spécifique établie par FRANCIOLI.

## 4.9 Salles d'eau avec douche accessible « zéro ressaut »

Lorsqu'en application de la loi 2005-102 du 11 février 2005 et de l'arrêté du 11 septembre 2020 modifiant l'arrêté du 24 décembre 2025, une salle d'eau avec douche accessible « zéro ressaut » doit être réalisée, les dispositions suivantes s'appliquent, en application des dispositions du *Guide pour la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut » dans les salles d'eau à usage individuel en travaux neufs* :

- Une étanchéité est réalisée sur toute la salle d'eau au moyen d'un système d'étanchéité liquide sous Avis Technique, DTA ou ATEX visant la mise en œuvre sur chape flottante sur support béton (p.ex. Webersys Hydro Silence relevant de l'ATEX n°3051\_V2).
- La chape flottante dans la salle d'eau est réalisée conformément aux NF DTU 26.2 et 52.10 et à l'Avis Technique, DTA ou ATEX du système d'étanchéité liquide visant la mise en œuvre sur chape flottante.
- L'espace de douche peut être cloisonné ou non, et satisfait dans sa conception et dans le choix des solutions de réalisation aux dispositions du *Guide pour la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut » dans les salles d'eau à usage individuel en travaux neufs*.
- Les revêtements de sols sont choisis parmi ceux admis par l'Avis Technique, DTA ou ATEX du système d'étanchéité liquide et les dispositions (notamment pour la glissance) du *Guide pour la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut » dans les salles d'eau à usage individuel en travaux neufs*.

---

## 5 MISE EN ŒUVRE

---

La fabrication des panneaux nervurés et de la structure des modules CUBIK HOME est décrite au §7.

### 5.1 Infrastructure

#### 5.1.1 PRINCIPES

L'infrastructure en béton armé est réalisée conformément aux référentiels de technique courante concernés (NF DTU 21 et 23.1, Avis Technique le cas échéant) par l'entreprise titulaire de ce lot. Les travaux doivent être terminés au moins 1 mois avant la date prévue pour la mise en place des modules CUBIK HOME.

Conformément au plan préalablement transmis par FRANCIOLI, les dispositifs de type ANKROBOX sont mis en œuvre au droit de chaque ancrage prévu.

#### 5.1.2 TOLERANCES DU SUPPORT

La tolérance de planéité de l'arase supérieure de la fondation ou du voile support des modules correspond à la finition lissée du NF DTU 21.

Il convient que l'infrastructure respecte les tolérances d'exécution les plus strictes entre celles indiquées dans les NF DTU 21 et 23.1 (ou Avis Technique le cas échéant) et les tolérances suivantes :

- Position d'une tête de poteau ou de voile : +/- 10mm en plan (XY) et +/- 5mm en altimétrie (Z)
- Tolérances dimensionnelles :  $\pm 10$ mm pour les côtes de longueur et largeur de la plate-forme ;
- Tolérance d'équerrage :  $\pm 0.1$  % pour la différence de longueur entre les deux diagonales, sans toutefois dépasser 20mm ;
- Tolérance de niveau :  $\pm 10$ mm sur une longueur de 10m linéaires.

### 5.2 Mise en place et assemblage des modules tridimensionnels

Le transport, la mise en place et l'assemblage des modules et leur ancrage à l'infrastructure sont réalisés par FRANCIOLI et font l'objet de contrôles conformément au PAQ chantier de FRANCIOLI.

#### 5.2.1 TRANSPORT, LEVAGE

Les modules CUBIK HOME sont livrés bâchés ou housés sur le site de l'opération. Ceci ne s'applique pas aux modules unitaires (cellules non communicantes avec les éventuels modules adjacents) qui ont été intégralement réalisés hors-site et sont donc hors d'eau et hors d'air.

La bâche ou la housse est déposée avant mise en place de chaque module.

Le levage est réalisé au moyen d'une grue mobile, ainsi que d'un palonnier et d'élingues textiles dont les crochets sont généralement fixés aux inserts de levage prévus à cet effet dans la paroi supérieure du module CUBIK HOME. Le levage des modules en berceau est également possible.

#### 5.2.2 SECURITE

FRANCIOLI assure la sécurité de ses personnels et éventuels sous-traitants lors des phases de levage, mise en place et assemblage des modules, et, à l'intérieur, jusqu'à la mise en place des escaliers et de leurs éventuels garde-corps.

A l'issue de cette phase, il revient ensuite à chaque intervenant d'assurer lui-même la sécurité de ses personnels. Notamment, les dispositions de sécurité relatives à la mise en œuvre des revêtements extérieurs et des toitures sont, sauf disposition contractuelle contraire, à la charge de l'entreprise en charge de la réalisation de ces ouvrages.

La sécurité lors du levage et de la mise en place des modules peut être normalement assurée par la mise en œuvre des dispositions habituelles pour ce type de tâche.

La sécurité au droit des trémies est assurée par la mise en place de garde-corps provisoires.

Une fois un module posé, la circulation en hauteur sur la paroi supérieure du module nécessite la mise en œuvre de dispositions pour les travaux en hauteur visant à limiter le risque de chute, tels, notamment, que des dispositifs de ligne de vie conformes aux NF EN 795 (dispositifs d'ancrage) et NF EN 353-2 (système d'assurage mobile). Certains de ces dispositifs peuvent être préinstallés hors-site (en usine) par FRANCIOLI.

Toute fixation dans les parois externes des modules doit au préalable être communiquée à FRANCIOLI qui en vérifie la faisabilité.

### 5.2.3 MISE EN PLACE ET ANCRAGE DES MODULES DU 1<sup>ER</sup> NIVEAU

Il convient de vérifier au préalable le respect des tolérances du support décrites au §5.1.2 et de faire réaliser au besoin par l'entreprise en charge de la réalisation de l'infrastructure les reprises ou OCIL (ouvrages complémentaires d'interface localisés) nécessaires. Le cas échéant, ces OCIL doivent être réalisés au plus tard 7 jours avant la mise en place des modules.

Dans ce qui suit, on appelle « surface de contact » la totalité du linéaire d'arase supérieure de l'infrastructure qui sera au contact des poutres périphériques des modules CUBIK HOME.

La mise en place du mortier d'imperméabilisation (formant coupure de capillarité) sur la surface de contact doit être réalisée au plus tôt 48 heures après la fin de réalisation de la surface de contact (et éventuel OCIL) et au plus tard 48 heures avant la mise en place des modules.

La mise en place et l'ancrage des modules du 1<sup>er</sup> niveau se déroule comme suit :

- Relevé altimétrique de l'infrastructure et retenue du point le plus haut comme référence.
- Positionnement de cales plastiques ou autres repères de hauteur sur la surface de contact.
- Mise en œuvre d'un mortier de calage à retrait compensé conforme au §3.1.5 d'épaisseur minimale 8 mm et de largeur minimale 13 cm sur la surface de contact.
- Mise en place du premier module :
  - Retrait des cales de maintien au transport du module à positionner (rendant accessibles les tiges filetées en attente aux points d'ancrage de la paroi inférieure du module) et vissage des douilles à vis d'ancrage (cf. §3.1.3 et §3.3.4).
  - Remplissage des réservations des dispositifs ANKROBOX avec un mortier de scellement sans retrait.
  - Positionnement du module et insertion des douilles à vis dans la réservation des dispositifs ANKROBOX.
  - Vérification du réglage altimétrique (Z) et positionnel (XY).
  - Arase et lissage du mortier excédentaire en périphérie accessible de modules.
  - Mise en œuvre du joint imprégné précomprimé autoadhésif de calfeutrement vis-à-vis du module juxtaposé adjacent.
- Mise en place successive des modules adjacents juxtaposés selon le même principe que le premier module.
- Assemblage des modules juxtaposés tel que décrit au §5.2.5.

Le calfeutrement des jonctions entre modules juxtaposés adjacents est décrit aux §5.2.4.1 (joint verticaux) et §5.2.4.2 (joints horizontaux, lorsque nécessaire).

La mise en place et l'assemblage des modules superposés sont décrits au §5.2.6.

### 5.2.4 CALFEUTREMENT DES MODULES ENTRE EUX

#### 5.2.4.1 Joints verticaux entre modules adjacents juxtaposés

Le calfeutrement des joints verticaux entre modules est réalisé au moyen d'un joint en mousse imprégnée précomprimé autoadhésif d'épaisseur adaptée au cas par cas à la largeur du joint vertical et de largeur 50 mm, positionné :

- Dans le cas courant à environ 3 cm en retrait de l'angle du module (face extérieure exposée) pour former fond de joint ;
- Dans le cas où le joint ne serait plus accessible ultérieurement, à fleur de l'angle du module (face extérieure exposée).

Ce calfeutrement est également mis en œuvre en périphérie des ouvertures entre deux modules adjacents (permettant le passage ultérieur d'une cellule à l'autre).

Les joints imprégnés précomprimés sont en général apposés sur le premier des deux modules mis en place avant mise en place du second. Ils peuvent également être remplacés par un fond de joint rond de dimension adaptée à la largeur du joint.

Une fois l'ensemble des modules d'un niveau posés et assemblés, les joints verticaux restant accessibles sont bouchés par matage avec un mortier de joint conforme au NF DTU 23.4 P1-2 ou un mortier à retrait compensé conforme au §3.1.5, arasé et lissé pour éviter tout désaffleurement.

#### 5.2.4.2 Joints horizontaux entre modules adjacents juxtaposés

Lorsque leur calfeutrement est nécessaire (p.ex. lorsque la paroi supérieure est support de toiture), les joints horizontaux entre modules adjacents juxtaposés est réalisé selon le même principe que celui des joints verticaux décrits au §5.2.4.1.

#### 5.2.4.3 Joints horizontaux entre modules adjacents superposés

Le calfeutrement des joints horizontaux entre modules adjacents superposés est assuré par le mortier de calage à retrait compensé conforme au §3.1.5 d'épaisseur minimale 8 mm et de largeur minimale 13 cm mis en œuvre sur la surface de contact au début de la mise en place du module sur son support (infrastructure ou autre module).

#### 5.2.5 ASSEMBLAGE DES MODULES JUXTAPOSES

L'assemblage des modules juxtaposés d'un même niveau est réalisé après leur mise en place (niveau complet ou à l'avancement) et avant la mise en place des éventuels modules superposés formant un niveau supplémentaire, ainsi qu'avant le rebouchage des joints verticaux entre modules (cf. §5.2.4.1).

L'assemblage est réalisé par soudure de chacune des platines d'assemblage adjacentes à la cale métallique interposée verticalement (cf. §3.3.3) le long de leurs arêtes longitudinales parallèles, avec deux cordons de soudure (un par plan d'assemblage) de profondeur de gorge nominale minimale 3,5 mm (5mm de côté) (Figure 7).

#### 5.2.6 MISE EN PLACE ET ASSEMBLAGE DES MODULES SUPERPOSES

Dans ce qui suit, on appelle « surface de contact » la totalité du linéaire des poutres périphériques des modules CUBIK HOME du niveau supérieur qui sera au contact de la paroi supérieure des modules du niveau inférieur.

La mise en place d'un niveau supplémentaire par superposition de modules sur les modules du niveau inférieur se déroule comme suit :

- Relevé altimétrique des modules du niveau inférieur et retenue du point le plus haut comme référence.
- Positionnement de cales plastiques ou autres repères de hauteur sur la surface de contact.
- Mise en œuvre d'un mortier de calage à retrait compensé conforme au §3.1.5 d'épaisseur minimale 8 mm et de largeur minimale 13 cm sur la surface de contact.
- Mise en place du premier module :
  - Mise en place des cales métalliques horizontales d'assemblage entre modules (cf. §3.3.3).
  - Positionnement du module.
  - Vérification du réglage altimétrique (Z) et positionnel (XY).
  - Arase et lissage du mortier excédentaire en périphérie accessible de modules.
  - Mise en œuvre du joint imprégné précomprimé autoadhésif de calfeutrement vis-à-vis du module juxtaposé adjacent.
- Mise en place successive des modules adjacents juxtaposés selon le même principe que le premier module.
- Assemblage des modules superposés par soudure de chacune des platines d'assemblage à la cale métallique horizontale interposée (cf. §3.3.3) le long des deux arêtes longitudinales accessibles (angles extérieurs du module), avec quatre cordons de soudure (deux par plan d'assemblage ; un pour chacune des deux faces accessibles) de profondeur de gorge nominale minimale 5,7 mm (8 mm de côté) (Figure 8).
- Assemblage des modules juxtaposés tel que décrit au §5.2.5.

Le calfeutrement des jonctions entre modules juxtaposés adjacents est décrit aux §5.2.4.1 (joint verticaux) et §5.2.4.2 (joints horizontaux, lorsque nécessaire).

#### 5.2.7 OUVRAGES DE GROS-ŒUVRE COMPLÉMENTAIRES

Lorsque nécessaire (p.ex. pignons pour toiture), les ouvrages de gros-œuvre complémentaires sont mis en œuvre conformément aux NF DTU 20.1 (maçonnerie), 20.12 (reliefs supports d'étanchéité), 21 et 23.1 (ouvrages en béton armé).

#### 5.2.8 INTERFACE EN PIED DE MODULE AVEC LE SOL FINI

La coupure de capillarité est réalisée par la mise en œuvre d'un mortier d'imperméabilisation (p.ex. Weberdry Plus de la Sté Saint-Gobain Weber) sur la surface de contact avant la mise en place des modules.

En pied de module, à l'interface avec le sol fini, il convient en outre de mettre en œuvre un revêtement d'étanchéité de paroi enterrée bénéficiant d'un DTA, ainsi qu'une nappe de protection (p.ex. Delta MS), tels que décrits en Figure 14 ci-après.

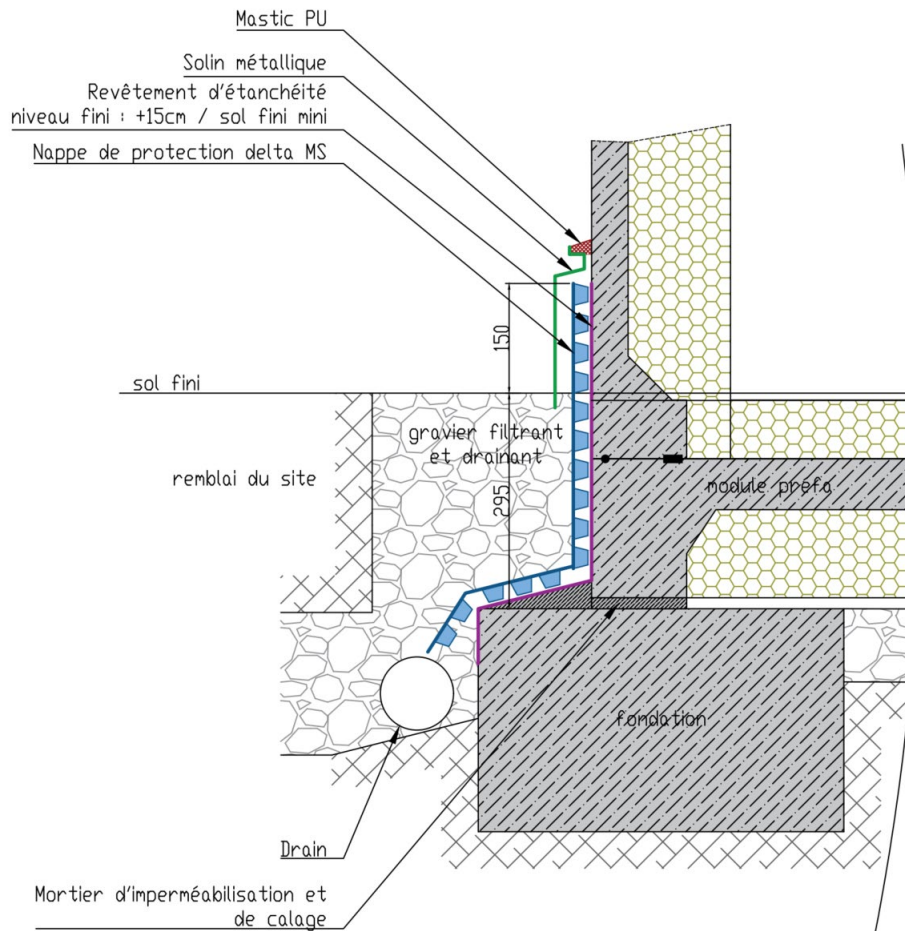


Figure 14 : Interface en pied de module avec le sol fini

### 5.3 Mise en œuvre des éléments de 2<sup>nd</sup> œuvre

La mise en œuvre des éléments de 2<sup>nd</sup> œuvre est réalisée :

- Soit hors-site ou sur site par les équipes de FRANCIOLI ou par une entreprise sous-traitante qualifiée pour le lot concerné sous la responsabilité de FRANCIOLI ;
- Soit sur site par l'entreprise en charge de la réalisation de ces lots ;

selon les conditions prévues au marché et les principes décrits au §4.1.7.

#### 5.3.1 COMPLEMENT D'ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR

Le complément d'isolation intérieure mis en œuvre conformément aux dispositions des NF DTU 36.2 et 31.2, et la membrane pare-vapeur conformément aux dispositions du *Guide de pose du pare-vapeur dans le cadre des travaux d'isolation (ADEME, CSTB, 2021)*, dans le respect des dispositions du §4.4.1.

Il convient de respecter les dispositions particulières au niveau du complément d'isolation thermique intérieur en périphérie des menuiseries décrites au §4.4.4 et en Figure 12.

Au droit des trémies d'escalier au contact d'un mur extérieur ou d'un local non chauffé (cf. §4.4.1.3 et Figure 10), compte tenu des contingences de mise en place des modules, on met en œuvre sur site la bande de laine minérale et du raccord de pare-vapeur au droit de la réservation laissée dans le complément d'insolation intérieure mis en œuvre hors-site.

#### 5.3.2 CONTRE-CLOISON

Les ouvrages en plaque de plâtre sur ossature métalliques sont mis en œuvre conformément au NF DTU 25.41 dans le respect des dispositions du §4.4.2.

---

Les ouvrages en lambris ou panneaux à base de bois sur ossature bois ou métallique sont mis en œuvre conformément au NF DTU 36.2 dans le respect des dispositions du §4.4.2.

### 5.3.3 MENUISERIES EXTERIEURES ET OCCULTATIONS

Les menuiseries extérieures et leurs occultations éventuelles sont mises en œuvre conformément au NF DTU 36.5 et/ou à l'Avis Technique ou DTA dont ils relèvent, dans le respect des dispositions du §4.4.3.

### 5.3.4 REVETEMENTS EXTERIEURS

Il convient de respecter les dispositions particulières au niveau du traitement d'isolation thermique extérieur en périphérie des menuiseries décrites au §4.4.4 et en Figure 12.

L'enduit de finition est mis en œuvre conformément au NF DTU 26.1 dans le respect des dispositions du §4.4.5.1 (notamment concernant la préparation du support et la réalisation systématique d'une couche d'accrochage).

Le système de bardage rapporté à lame d'air ventilé est mis en œuvre conformément au référentiel (NF DTU, Avis Technique, Appréciation Technique de Transition, Règles ou Recommandations Professionnelles) dont il relève, et dans le respect des dispositions du §4.4.5.2 (notamment pour la fixation de l'ossature au droit de nervures, poutres et chevêtres du panneau nervuré).

### 5.3.5 CHAPE FLOTTANTE

En partie courante, la chape sèche et l'isolant complémentaire sont mis en œuvre conformément à l'Avis Technique ou DTA dont relève le procédé de chape sèche, dans le respect des dispositions du §4.5.1.

La chape flottante est mise en œuvre conformément aux NF DTU 26.2 et 52.10

Dans les salles d'eau nécessitant la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut », la chape flottante est mise en œuvre conformément aux NF DTU 26.2 et 52.10 et à l'Avis Technique, DTA ou ATEx du système d'étanchéité liquide visant la mise en œuvre sur chape flottante, dans le respect des dispositions des §4.5.1 et §4.9.

### 5.3.6 REVETEMENTS DE SOL

Le revêtement de sol est mis en œuvre conformément aux dispositions du référentiel dont il relève et dans le respect des dispositions du §4.5.2.

Dans les salles d'eau nécessitant la mise en œuvre d'une douche accessible « zéro ressaut », il convient en outre de respecter les dispositions du §4.9.

### 5.3.7 PLAFOND

Le plafond suspendu est mis en œuvre conformément au NF DTU 25.41 (plafonds en plaques de plâtre) ou au NF DTU 36.2 (plafond en bois) ou à l'Avis technique ou DTA dont il relève, dans le respect des dispositions du §4.6.1

### 5.3.8 TOITURE

#### 5.3.8.1 Charpente rapportée et couverture

La charpente rapportée est mise en œuvre conformément au NF DTU 31.1 (charpente traditionnelle) ou NF DTU 31.3 (charpente industrielle) ou à la NF EN 1090 (charpente métallique) en respectant en outre les dispositions du §4.6.2.1 (notamment pour l'appui et l'ancrage sur les poutres périphériques des modules).

La couverture est mise en œuvre conformément au référentiel dont elle relève.

#### 5.3.8.2 Toiture terrasse

Le complexe d'étanchéité est mis en œuvre conformément au référentiel (Avis Technique ou DTA ou Règles Professionnelles) dont il relève, dans le respect des dispositions du §4.6.2.2 (notamment pour la préparation du support, les reliefs admis et le pontage des joints entre modules).

---

## 6 ASSISTANCE TECHNIQUE

---

FRANCIOLI prend en charge systématiquement :

- La conception des modules tridimensionnels et de la structure du bâtiment dans sa globalité, le dimensionnement de la structure et l'analyse globale étant réalisés par un Bureau d'Etudes partenaire préalablement agréé et formé par CUBIK HOME ;
- La conception et la mise en œuvre des éléments de second œuvre mis en œuvre hors-site ou sur site selon les limites de prestation prévues au marché, soit par les équipes de FRANCIOLI, soit par une entreprise sous-traitante qualifiée pour le lot concerné sous la responsabilité de FRANCIOLI.

Pour la conception de l'infrastructure béton, de la toiture, et des ouvrages de second œuvre non prévues à son marché, FRANCIOLI fournit une assistance technique aux Maître d'Ouvrage, Maître d'œuvre, Bureaux d'Etudes et/ou entreprises en charge de la réalisation de ces conceptions et/ou ouvrages.

## 7 PRINCIPES DE FABRICATION ET DE CONTROLE DE CETTE FABRICATION

---

La mise en œuvre des éléments de 2<sup>nd</sup> œuvre, qu'elle soit hors-site ou sur site, est décrite au §5.2.8 et n'est pas reprise ci-après.

### 7.1 Fabrication

Les panneaux nervurés sont préfabriqués et assemblés pour former la structure des modules CUBIK HOME par FRANCIOLI dans son usine de Ceyzériat (01).

#### 7.1.1 BETON FIBRE

Le béton fibré est fabriqué selon la recette spécifique du procédé CUBIK HOME par une centrale à béton sous suivi par tierce partie à proximité de l'usine de FRANCIOLI et mis en œuvre à réception.

#### 7.1.2 FABRICATION DES PANNEAUX NERVURES

Les panneaux nervurés sont préfabriqués (J) comme suit :

- Sur la table de préfabrication/coffrage, préparation du moule, mise en place des coffrages périphériques et des éventuels coffrages au droit des ouvertures (menuiseries), trémies (escalier) et autres réservations.
- Le cas échéant, préparation des chevrons bois et pose de leurs fixations
- Mise en place des éléments d'isolant PSE préusinés et (le cas échéant) des chevrons bois
- Mise en place des inserts de manutention et d'assemblage
- Ferrailage
- Mise en œuvre du béton fibré
- Mise en place de bâche pendant la cure du béton fibré

Les panneaux sont décoffrés et déplacés dans une zone de stabilisation à J+1 et stockés en rack pendant 6 jours.

La manutention est réalisée au pont roulant au moyen d'élingues textiles accrochées aux inserts de manutention prévus à cet effet dans chaque panneau nervuré.

#### 7.1.3 FABRICATION DES MODULES

L'assemblage des panneaux nervurés pour former la structure tridimensionnelle d'un module CUBIK HOME est réalisé dans la zone dédiée au plus tôt à J+7 après la fabrication du dernier panneau nervuré du module.

Si le module doit être déplacé après assemblage de sa structure, il ne peut l'être qu'après un délai minimal de 1 jour.

Le déplacement des modules dans l'usine ou à l'extérieur vers la zone de chargement est réalisé au moyen d'un mover hydraulique.

La mise en œuvre des éléments de 2<sup>nd</sup> œuvre prévus pour être réalisés hors-site (cf. §4.1.7) est réalisée en atelier couvert conformément aux dispositions du §5.2.8.

Indépendamment de la date de leur finition, les modules ne peuvent quitter l'usine avant J+28.

Les modules finis sont bâchés (intégralement ou partiellement) ou housés avant d'être chargés et livrés sur site.

Le chargement des modules pour le transport est réalisé conformément aux dispositions du §5.2.1.

---

## 7.2 Contrôles

La fabrication des panneaux nervurés et de la structure des modules CUBIK HOME fait l'objet d'un PAQ Usine, ainsi que d'un suivi externe par SOCOTEC, à raison de deux audits par an (1 audit usine et 1 audit chantier).

L'ensemble des fiches de contrôles, rapports d'essais et rapports d'audit sont enregistrés et conservés pendant 10 ans.

### 7.2.1 BETON FIBRE

La fabrication du béton fibré fait l'objet des contrôles requis par le suivi par tierce partie de la centrale à béton qui livre le béton mis en œuvre pour la fabrication des panneaux nervurés des modules CUBIK HOME.

A la livraison, le PAQ de l'usine FRANCIOLI prévoit la vérification sur béton frais de la teneur en eau, de l'étalement et de la température : 1 fois par semaine.

En outre, dans le cadre du PAQ de l'usine, FRANCIOLI procède à des prélèvements réguliers d'éprouvettes sur le béton livré afin de procéder aux essais suivants sur béton durci, réalisés par un laboratoire externe :

- Essais de résistance à la compression à 7, 28 et 90 jours : 1 fois par semaine.
- Essais de résistance à la traction par fendage à 28 jours : 1 fois par mois.

### 7.2.2 FABRICATION DES PANNEAUX NERVURES

Dans le cadre du PAQ usine, FRANCIOLI procède notamment aux contrôles suivants :

- Contrôle de la conformité (sur bon de livraison) des matières entrantes (armatures, inserts et fixations, isolant préusiné) : à chaque livraison.
- Contrôles du béton fibré décrits au §7.2.1.
- Contrôles visuels et dimensionnels des éléments de coffrage : à chaque lancement de fabrication ou modification du montage.
- Contrôle visuel, dimensionnel et quantitatif du coffrage, du ferrailage et des inserts dans le moule avant bétonnage : à chaque panneau nervuré.
- Contrôle visuel et dimensionnel des panneaux nervurés finis : à chaque panneau.

### 7.2.3 FABRICATION DES MODULES

Dans le cadre du PAQ usine, FRANCIOLI procède notamment aux contrôles suivants :

- Contrôle visuel de la bonne mise en place des joints imprégnés précomprimés et mastics avant pose de chaque panneau nervuré.
- Contrôle du couple de serrage minimal (clé dynamométrique à contrôle de couple) des écrous et vis d'assemblage, d'ancrage et de manutention.
- Contrôle visuel et dimensionnel de la structure finie de chaque module et contrôle des éventuelles fissures à l'aide d'un fissuromètre.
- Divers points de contrôle des éléments et ouvrages de 2<sup>nd</sup> œuvre mis en œuvre hors-site.
- Inspection préalable au chargement et à la livraison.

### 7.2.4 POSE DES MODULES SUR CHANTIER

Dans le cadre du PAQ chantier, FRANCIOLI procède notamment aux contrôles suivants :

- Contrôle préalable à la pose
- Pose du mortier de calage et contrôle du positionnement des modules
- Contrôle des calfeutrements et des assemblages des modules
- Contrôle visuel (normé) et par magnétoscopie ou ressuage des soudures inter-modules selon DMOS par soudeur qualifié selon ISO 9606-1:2017 (et à jour de confirmation)
- Contrôle de la présence de l'isolant secondaire et du pare vapeur aux inter modules

---

## 8 MENTION DES JUSTIFICATIFS

---

### 8.1.1 RESULTATS EXPERIMENTAUX

- Essais de caractérisation du béton fibré (LEMS de HEPIA, plusieurs rapports, A. Limam)
  - Essais sur panneau nervurés – rapport n° EEM-22-13298 (CSTB) :
    - Essais de flexion, d'effort tranchant et de poinçonnement sur paroi horizontale
    - Essai de reprise de charges et flambement sur paroi verticale
    - Essai de contreventement statique et quasi-statique alterné :
      - Sur paroi verticale seule (paroi type et trumeau élancé) ;
      - Sur paroi verticale avec poutre périphérique de la paroi horizontale supérieure assemblée en tête
- Dans les deux cas, en pied, la paroi horizontale est assemblée à la poutre périphérique de la paroi horizontale inférieure, l'ensemble étant ancré à l'infrastructure.
- Essais sur les dispositifs d'ancrage des modules (LEMS de HEPIA).
  - Essais d'arrachement de l'assemblage chevron bois – béton fibré par vis (n° 20240506-98, LEMS de HEPIA).
  - Essais de résistance au feu (CERIB) sur voile (n°038260), plancher (n°038258) et dallettes (n°038259).

### 8.1.2 AUTRES ELEMENTS

- Appréciation de laboratoire n° 38257 (CERIB).
- Divers rapports d'analyse des essais mécaniques et de comparaison aux modèle numérique.
- Analyse vibratoire et des sollicitations sur les modules durant le transport.
- Etude de simulation de transfert hygrothermique en paroi courante et sur points singuliers (WIGWAM, V4, 23/01/2025).
- Analyse des performances thermiques des parois.

Plusieurs prototypes du procédé CUBIK HOME ont été réalisés et mis en œuvre en 2023 et 2024 sur des projets de maison individuelle.