APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3211_V2

(annule et remplace la version 3211_V1)

ATEx de cas a

Validité du 11/12/2023 au 11/12/2026

Copyright : Société ISOHEMP

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 :

ISOHEMP
1 Rue Georges COSSE 5380 Fernelmont BELGIQUE

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3211_V2

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de Construction de maçonnerie en blocs de chanvre de la société ISOHEMP Solution HEMPRO.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 11/12/2023, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEx ci-dessous définie :

- demandeur : Société ISOHEMP
- technique objet de l'expérimentation : Construction de maçonnerie en blocs de chanvre de la société ISOHEMP Solution HEMPRO
  - le procédé est constitué de blocs en béton de chanvre associés à une structure porteuse de type poteaux-poutre en béton armé, soit coulée dans les blocs prévus à cet effet, soit réalisée en amont de la pose de la maçonnerie ;
  - le procédé est destiné à la réalisation de murs de façade de bâtiments d'habitation de 1ère et de 2ème famille limité à R+2, d'Etablissement Recevant du Public de 5ème catégorie (limité à R+2) et de 4ème catégorie dont le plancher bas du niveau haut est inférieur à 8 m et au maximum en R+1 ;
  - l'utilisation du procédé pour les constructions soumises aux exigences parasismiques selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié est exclue.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEx 3211_V2 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 **11 12 2026**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées 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

La résistance à la compression des blocs de chanvre étant de 0,2 MPa, la maçonnerie en blocs de chanvre n'assure aucun rôle structural. La reprise des charges verticales et la résistance aux efforts horizontaux dans le plan du mur sont assurées par un système poteaux-poutre en béton armé. Le dimensionnement des éléments en béton armé est réalisé par un bureau d'études et doit être conforme aux règles de l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale française). L'entraxe entre les poteaux est limité à 3 mètres maximum et la hauteur minimale de la poutre est de 45 cm.

1.2 – Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants est normalement assurée moyennant le respect des prescriptions de conception et de mise en œuvre décrites dans le cahier des charges annexé au présent document.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité du Procès-Verbal de classement n°RS22-026/B (classement EI240 au sens de la norme NF EN 13501-2) et du rapport de classement n° 19193D (classement B-s1, d0 selon la norme NF EN 13501-1).

1.4 – Sécurité en cas de séisme

L'utilisation du procédé pour les constructions soumises aux exigences parasismiques selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié est exclue du domaine d'emploi de ce procédé.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

Les blocs sont fabriqués dans le site d'ISOHEMP de Fernelmont en Belgique. Le suivi de production fait l'objet d'un Plan d'Assurance Qualité (PAQ) décrivant les contrôles et suivi de production internes et externes. La faisabilité de la fabrication est réelle.

2.2 – Mise en œuvre :

La mise en œuvre du procédé ne pose pas de problème particulier si les conditions de conception et de mise en œuvre décrites dans le cahier des charges annexé au présent document sont respectées. Un PAQ chantier décrivant les étapes de mise en œuvre et les contrôles associés doit être transmis à l'entreprise chargée de pose de la maçonnerie.

2.3 – Assistance technique

Les démonstrateurs et le service technique ISOHEMP assistent les entrepreneurs durant tout le chantier. ISOHEMP propose des formations destinées aux professionnels de la construction.

3°) Risques de désordres

Compte tenu de la déformabilité des poutres et du report de charges possible, l'entraxe entre les poteaux est limité à 3 mètres maximum, indépendamment de l'épaisseur du bloc, et la hauteur minimale des poutres devra être de 45 cm pour avoir des flèches relativement faibles.

Les enduits proposés pour les revêtements extérieurs sont souples. Un renfort d'enduit généralisé sur toute la surface du mur est par ailleurs prescrit. Ces enduits peuvent convenir si les variations dimensionnelles des blocs sont maitrisées. De plus la fixation de l'ossature du bardage sera faite uniquement dans la structure en béton armé et non dans les blocs de chanvre.

Moyennant ces prescriptions et sous réserve du respect des règles de conception et de mise en œuvre décrites dans le cahier des charges annexé au présent document, le risque de désordres est limité.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- Ne pas associer le procédé avec les acrotères hauts ;
- Fournir le manuel Qualité de mise en œuvre en cohérence avec les dispositions prévues dans le cahier des charges annexé au présent document ;
- Transmettre des fiches de suivi de chantier pour chaque chantier réalisé avec le procédé.

5°) Rappel

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 CONCLUSION

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

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

Champs sur Marne,

Le Président du Comité d'Experts,

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CENTRE DE RECHERCHE DE MARNE LA VALLÉE
81, av. Jean Jaurès - B.P. 02
CHAMPS-SUR-MARNE
77421 MARNE LA VALLEE Cedex 2
Tél. 01 64 68 82 82

Ménad CHENAF

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société ISOHEMP
1 Rue Georges COSSE
5380 Fernelmont BELGIQUE

Définition de la technique objet de l'expérimentation : Construction de maçonnerie en blocs de chanvre de la société ISOHEMP Solution HEMPRO

- Le procédé HEMPRO de la marque ISOHEMP est constitué de blocs en béton de chanvre mis en œuvre par collage à l'aide de peignes adaptés au produit et à l'épaisseur du bloc. Cette maçonnerie constitue une paroi isolante, non porteuse ;
- La stabilité de l'ouvrage est assurée par une structure poteaux-poutres en béton armé soit coulée dans les blocs prévus à cet effet, soit réalisée en amont de la pose de la maçonnerie ;
- Le système ISOHEMP est composé de deux épaisseurs de blocs possibles : Epaisseur de 30 cm / Hauteur 30 cm / longueur utile 59 cm et Epaisseur de 36 cm / Hauteur 20 cm / longueur utile 59 cm ;
- Le domaine d'emploi accepté est le suivant :
    - Bâtiments d'habitation de 1ère et 2ème famille limités à R+2,
    - Etablissements recevant du public de 4ème catégorie limités à R+1,
    - Etablissements recevant du public de 5ème catégorie limités à R+2
- Les revêtements extérieurs visés sont :
    - Enduits souples à base de chaux avec un renfort d'enduit généralisé,
    - Pour les bâtiments non soumis aux exigences règlementaires de prise en compte du risque de propagation du feu par les façades : bardage dont l'ossature est fixée à la structure en béton armé.
- Les revêtement intérieurs visés sont :
    - Enduit PCS (Plâtre chaux et sable) de la gamme ISOHEMP, enduits à base de plâtre ou enduits à la chaux,
    - Pour les locaux humides EB, EB+ privatifs et EB+ collectifs : contre-cloison en plaques de plâtre suivant les prescriptions du NF DTU 25.41.
- Dans le cas d'une structure en béton armé coulée dans l'épaisseur de la maçonnerie ISOHEMP, le béton utilisé est un béton prêt à l'emploi conforme à la norme NF EN 206/CN et aux spécifications suivantes :
    - Classe de résistance à la compression : C30/37,
    - Classe d'exposition ; à déterminer la norme NF EN 206/CN, l'enrobage des armatures est à déterminer selon l'Eurocode 2 sans prendre en compte la protection par les blocs,
    - Fluidité du béton : S4 ou S5 (obtenue par adjonction de fluidifiant et non en augmentant la quantité d'eau ce qui modifie le ration E/C),
    - Granulométrie max 10 mm.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3211_V2 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 48 pages.

Procédé de Construction de maçonnerie en blocs de chanvre de la société ISOHEMP Solution HEMPRO

« Dossier technique établi par le demandeur »

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

Datée du 01 02 2024

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEx 3211_V2.

DOSSIER TECHNIQUE

Construction de maçonnerie en blocs de chanvre

de la société ISOHEMP

Solution HEMPRO

ISOHEMP
NATURAL BUILDING

MC

Sommaire

Table des matières

1 DESCRIPTION 3
1.1 Principe 3
1.2 Domaine d'application 4
1.3 Eléments constructifs du procédé constructif HEMPRO 5
1.3.1 Blocs de béton de chanvre ISOHEMP et accessoires 6
1.3.2 Structure poteaux poutres en béton armé. 11
1.4 Fabrication des produits 12
1.5 Mise en œuvre – Prescriptions générales 15
1.5.1 Palettes – Ouverture et protection 15
1.5.2 Pose du premier rang 16
1.5.3 Pose des rangs suivants 17
1.6 Système HEMPRO – Spécificités 19
1.6.1 Principe constructif avec coulage de la structure dans les blocs 20
1.6.2 Principe constructif en remplissage sur ossature béton 26
1.6.3 Toiture 29
1.6.4 Pose de chassis 30
1.6.5 Rainurages et gainages 37
1.6.6 Finitions 37
1.6.7 Etanchéité à l'air et à l'eau du bâtiment 41
1.7 Assistance technique 41
2 JUSTIFICATION 42
2.1 Sécurité incendie 42
2.2 Isolation thermique 42
2.3 Isolation acoustique 44
2.4 Stabilité 45
2.5 Durabilité des blocs 45
2.6 Sécurité à l'usage et Fixations 45
2.7 Hygiène et Santé 46
2.8 Environnement 47

MC

1 DESCRIPTION

1.1 Principe

Le procédé HEMPRO de la marque ISOHEMP est constitué de blocs de béton de chanvre mis en œuvre par collage à l'aide de peignes adaptés au produit et à l'épaisseur du bloc. Cette maçonnerie constitue une paroi isolante, non porteuse. Les blocs sont autoportants, la stabilité de l'édifice est assurée par une structure poteaux-poutres en béton armé soit coulée dans les blocs prévus à cet effet, soit réalisée en amont de la pose de la maçonnerie le procédé constructif HEMPRO est constitué par trois types de blocs :

- **Le bloc standard plein profil lisse ou profil à emboîtement**

- **Le bloc U, bloc de coffrage pour éléments structuraux**

- **Le bloc percé, qui réalise le coffrage des poteaux.**

MC

- **La planelle**

Le système ISOHEMP est composé de deux épaisseurs de blocs possibles : 30cm et 36 cm en béton de chanvre

- Epaisseur de 30cm / Hauteur 30cm / longueur utile 59 cm TM
- Epaisseur de 36cm / Hauteur 20cm / longueur utile 59 cm TM

Les planelles ont les dimensions suivantes :

- Epaisseur de 7.5 cm / Hauteur 30cm / longueur utile 60 cm
- Epaisseur de 9cm / Hauteur 30cm / longueur utile 60 cm

1.2 Domaine d'application

Le système constructif HEMPRO est destiné à la réalisation de murs pour tous types de constructions relevant

- Pour le logement des bâtiments de familles 1 et 2 limités à R+2.
- Pour les bâtiments de type ERP de 4 eme catégorie dont le plancher bas du niveau haut est inférieur à 8m et au maximum en R+1.
- Pour les bâtiments de type ERP de 5eme catégorie limités à R+2.

dans la mesure où une étude de stabilité est réalisée par un bureau de structure indépendant.

Le procédé peut être utilisé

- soit avec la gamme de blocs HEMPRO pour réaliser un ouvrage de maçonnerie avec structure béton armée confinée et coulée dans les éléments spéciaux ,
- soit en remplissage associé à une structure poteaux-poutres ou poteaux - plancher en béton armé,

Dans tous les cas, la maçonnerie en blocs de chanvre n'assure aucun rôle structurel. Le bloc de chanvre n'est pas porteur.

MC

L'utilisation du procédé pour les constructions soumises aux exigences parasismiques selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié est exclue du cadre de l'Atex.

Les limitations du domaine d'emploi de la solution HEMPRO sont celles découlant du respect résultent de la réglementation en vigueur applicable au bâtiment envisagé.

Le procédé appartient aux solutions de type isolation thermique répartie sans complément d'isolation.

L'assemblage des blocs est une technique de pose à joints minces collés.

Les murs mitoyens des maisons individuelles groupées à structure dépendante sont exclus du domaine d'application. En outre, le procédé n'est pas applicable pour les murs enterrés, les soubassements et les murs des vides sanitaires.

L'utilisation dans les locaux de type EB, EB+ privatifs et EB+ collectifs est possible en suivant des consignes spécifiques pour les parois étant exposées régulièrement à une projection d'eau liquide (ex douche).

La capacité d'emploi du procédé doit être justifié par un dimensionnement complet de la structure.

Ce dimensionnement doit alors être réalisé par un bureau d'études suivant les règles Eurocodes (NF EN 1992) et le NF DTU 21.

1.3 Eléments constructifs du procédé constructif HEMPRO

Le procédé constructif HEMPRO est composé des éléments suivants :

-Blocs de béton de chanvre ISOHEMP standard.
-Blocs percé pour coffrage des poteaux.
-Blocs U pour coffrage des poutres.
-Planelle pour le coffrage des planchers
-Mortier pour joints minces pour assemblage des blocs.

Le bloc de chanvre doit être protégé contre les risques d'humidité ascensionnelle ou autre. Ainsi on pourra :

- soit poser le premier lit de blocs sur mortier hydrofugé ou coller sur une arase sèche hydrofugée.
- Soit utiliser une membrane étanche contre le risque d'humidité

La maçonnerie de blocs de chanvre démarrera au minimum à 20 cm au-dessus du niveau du terrain naturel.

MC

1.3.1 Blocs de béton de chanvre ISOHEMP et accessoires

Une fois la première assise réalisée, le procédé constructif HEMPRO est composé de blocs de béton de chanvre collés entre eux. Différents types de blocs existent de façon à réaliser tous les points courants et particuliers d'un bâtiment. Les blocs sont réversibles, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de face réservée à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment. Les blocs peuvent être découpés sur chantiers pour s'adapter aux dimensions du bâtiment.

Composition et performances des blocs de béton de chanvre ISOHEMP

Le bloc ISOHEMP est un bloc en béton de chanvre constitué de +/- 80 % de copeaux de chanvre, qui ont une granulométrie comprise entre 2 et 20 mm et d'un liant composé d'un mélange de chaux aérienne et hydraulique. Le produit est moulé, pressé puis durci et séché à l'air libre sans nécessiter un apport de chaleur.

Les blocs de chanvre ISOHEMP présentent les caractéristiques techniques principales suivantes :

Résistance à la compression minimum fmean > 0.22 MPa .

Résistance caractéristique sur muret fk 0.27 Mpa

Module d'élasticité : 64 Mpa

Variations dimensionnelles : 3,08 mm/m

Conductivité thermique utile Lambda u = 0.071 W/mK

Classement au feu B s1 d0

Les différents formats de blocs du système constructif et leurs dimensions sont décrites ci-après :

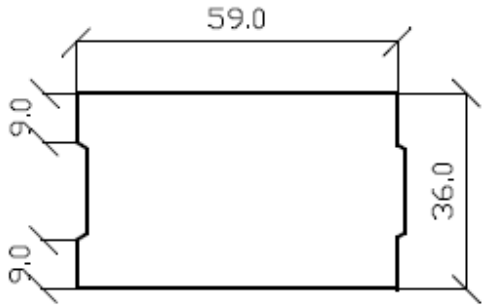
Blocs de béton de chanvre ISOHEMP standard.

- Longueur utile : 596 mm TM
- Epaisseur : 300 ou 360 mm
- Hauteur : 200 ou 300 mm

- Finition emboitement
- Tolérance dimensionnelle (L ; l ; h) (NBN EN 772-16)
- Dm(Longueur ± 4,0 ; largeur ± 4,0 ; hauteur -1,5/+1,0)

Ex figure 5 ci-dessous bloc de 36cm à emboîtement

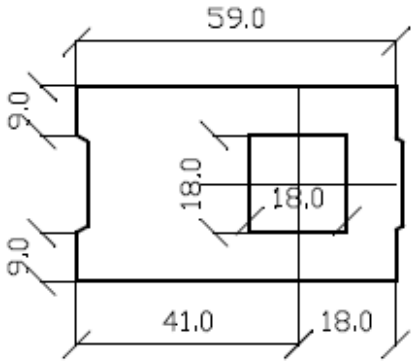
MC



Blocs de béton de chanvre ISOHEMP percé.

- Longueur utile : 590 mm
- Epaisseur : 300 ou 360 mm
- Hauteur : 200 ou 300 mm
- Réservation carrée 15*15 ou 18*18

Figure 6 : Exemple de bloc ISOHEMP percé épaisseur 36cm à réservation carrée.

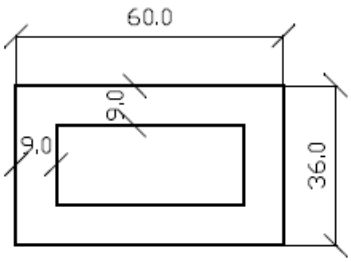


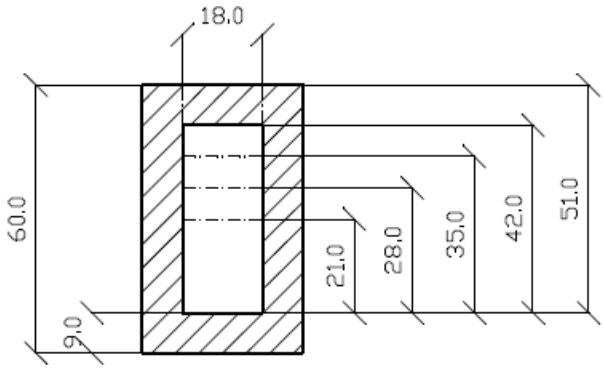
Blocs de béton de chanvre ISOHEMP en U réalisés à partir des blocs « O »

- Bloc de coffrage U, réalisé sur chantier à partir d'un bloc en O découpé selon le besoin et notamment la hauteur de poutre souhaitée.

Figure 7 : Bloc O standard et exemple de côtes de découpe possibles

MC





Mortier colle pour assemblage des blocs.

- **Mortier colle ISOHEMP**

  - Mortier pour joints minces
  - Densité apparente : 1400 kg/m³
  - Gâchage : 7 à 8 litres d'eau par sac de 25 kg
  - Temps de séchage : 36 à 72 heures
  - Consommation moyenne : 14 kg/m² de maçonnerie ISOHEMP

Complément et outillage.

Le procédé constructif HEMPRO peut parfois nécessiter de combler un vide, par exemple entre 2 blocs lorsque le calepinage l'exige. Dans le cas de vide inférieur ou égal à 10 cm, un béton de chanvre sera réalisé sur chantier et mis en place dans ce vide. La réalisation du béton de chanvre sur chantier

MC

nécessite l'emploi des matériaux décrits ci-après. Le dosage pour la réalisation du béton de chanvre sur chantier est conforme à la prescription ISOHEMP.

- **Granulat pour béton de chanvre, chanvre HEMPBAG**

- Densité apparente : 100 kg/m³
- Granulométrie 2 à 25 mm
- Sac de 200 litres
- Conservation : 6 mois

- **Liant pour béton de chanvre, chaux PROKALK**

- Densité apparente : 700 kg/m³
- Temps d'utilisation : 30 minutes
- Sac de 20 kg
- Conservation : 6 mois
- Dosage :
    - Mur : 40 kg de PROKALK ; 200 litres de HEMPBAG ; 50 litres d'eau
    - Remplissage 20 kg de PROKALK ; 200 litres de HEMPBAG ; 25 litres d'eau

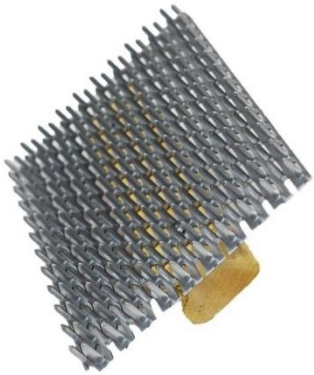
- **Outillage spécifique**

➢ Truelles à colle adaptée au béton de chanvre et à l'épaisseur de la maçonnerie

MC

- Maillet de 325 gr

- Grattoir à blocs



- Scie manuelle, électrique portable et à ruban

MC

1.3.2 Structure poteaux poutres en béton armé.

Comme expliqué dans la première partie (1. DESCRIPTION – 1. Principe), le procédé constructif HEMPRO donne la stabilité du bâtiment par une structure poteaux poutre en béton armé confinée dans l'épaisseur de la maçonnerie de blocs ISOHEMP ou externe. Les caractéristiques de cette structure sont décrites ci-dessous.

La stabilité est assurée et sous la responsabilité du bureau de structure du projet .

Cas d'une structure béton armé coulée dans l'épaisseur de la maçonnerie ISOHEMP

Le béton utilisé est un béton prêt à l'emploi conforme à la norme NF EN 206/CN et aux spécifications suivantes :

- Classe de résistance à la compression: C30/37
- Classe d'exposition : à déterminer selon l'Eurocode 2 sans prendre en compte la protection par les blocs.
- Enrobage des armatures minimum 15mm.
- Fluidité du béton : S4 ou S5 (obtenue par adjonction de fluidifiant et non en augmentant la quantité d'eau ce qui modifie le ration E/C)
- Granulométrie max 10 mm

- Armatures

  Acier de classe de ductilité A ou B à adapter en fonction de la destination de l'ouvrage fyk ≥ 500 MPa.

Lors des essais sur murets (cf rapport CSTB RE EEM 22 12719 C1), il a été observé une fissuration à partir d'une déformée de 3mm/m, soit 7,5mm pour une hauteur de 2.5m de maçonnerie.

Afin de ne pas risquer de mettre en compression la maçonnerie avec le fléchissement des poutres béton, une étude a été réalisée prenant en compte des situations extrêmes de structure et de charge du bâtiment.

Il est ainsi prévu un entraxe maximum entre poteaux de 3m, et une hauteur de poutre minimum de 45cm.

La hauteur maximum sous poutre est de 3m.

MC

Le dimensionnement de la structure est réalisé conformément à la norme NF EN 1992 1-1 (et son annexe nationale), la norme NF DTU 21, la norme EN 1990 Eurocode 1, EN 1991 Eurocode 1, EN 1992 Eurocode 2.

Cette structure sera dimensionnée par un bureau d'études tenant compte des normes pré citées et en fonction de la descente de charge.

Les fondations seront calculées par le bureau d'études en tenant compte de la charge admissible sur le sol et de la descente de charge.

Le ferraillage des poteaux et des poutres est à charge du bureau d'études également, il tiendra compte de l'armature minimale dictée par les normes pré citées.

Les continuités des armatures (angles de construction, recouvrement, liaisons fondations, …) doivent respecter les règles de l'art.

Cas d'un système poteau poutre avec remplissage en blocs de chanvre.

La structure porteuse du bâtiment sera donc réalisée en amont de la pose des blocs de chanvre.

Elle sera dimensionnée par un bureau d'étude en respectant les spécifications suivantes :

- Flèche des poutres 3mm maximum.
- Distance maximale entre poteaux de 3m

Le remplissage en blocs de chanvre est maintenu au niveau des poteaux par les liaisons mécaniques prévues au paragraphe 1.6 .

Le joint entre la tête de mur et la poutre sera réalisé à l'aide d'un mortier de chaux chanvre.

1.4 Fabrication des produits

Les blocs ISOHEMP sont fabriqués sur notre site de Fernelmont en Belgique. Ils sont ensuite livrés en France selon les besoins des chantiers.

Le suivi de production fait l'objet d'un PAQ repris en annexe 1.4 décrivant contrôles et suivi de production internes et externes. Dans le cadre de la démarche d'Atex, la fréquence de certains contrôles a été augmentée à 2 fois par an (cf addendum en dernière page du PAQ).

La description sommaire de la fabrication est reprise ci-dessous :

1. La centrale à béton

La centrale est gérée par automate, les recettes sont enregistrées dans celui-ci et il reprend également la gestion des niveaux de stock des différentes matières premières. Les différentes matières premières sont dosées dans des bascules situées au-dessus du mélangeur. Une fois les différentes matières premières dosées, elles sont déversées dans le mélangeur dans une certaine séquence. Une fois le temps de mélange écoulé, le mélange de béton frais est convoyé vers la presse à bloc.

MC

La presse

La presse permet de mettre en forme le béton en forme de bloc, les blocs sont produits sur des panneaux. Il s'agit d'un procédé à démoulage immédiat, en sortie de presse les produits sont marqués (1 bloc par panneaux) avec la date, l'heure, la référence produit ainsi que les initiales de l'opérateur aux commandes. Les blocs sont ensuite convoyés sur les panneaux vers l'étuve de stockage.

L’étuve de stockage

Les panneaux chargés de produit frais sont accumulés dans un ascenseur, lorsque celui-ci est plein le transbordeur vient automatiquement charger les panneaux dans les racks de l'étuve. L'automate gère automatiquement le stockage en FIFO des produits. Après la dépose des produits frais, il va chercher les produits les plus anciens afin d'alimenter le descenseur qui permet d'alimenter la ligne de palettisation.

Ligne de palettisation.

Les produits sont dépilés du descenseur afin d’alimenter la ligne de palettisation, la première zone est une zone de tri manuel permettant aux opérateurs d’écarter tout produit qui serait défectueux. Les panneaux arrivent ensuite dans la zone de palettisation et les blocs sont conditionnés par le robot selon un schéma propre à chaque référence, enregistré dans l’automate. La ligne est alimentée par un magasin à palettes vides, une fois la palette complétée elle est convoyée automatiquement vers la dépose coiffe qui apposera une protection pour protéger les produits des intempéries, la palette sera ensuite cerclée afin de garantir la stabilité des produits sur la palette lors des opérations de transport et de manutention. La dernière étape consiste à l’impression de la référence de la palette avec un numéro unique reprenant la référence des produits, la date de palettisation ainsi que le numéro de la palette.

MC

Les palettes sont ensuite stockées dans le stock extérieur, la gestion du stock est également gérée en FIFO. Les produits sont stockés pour un minimum de 12 semaines afin de garantir les propriétés finales du produits à la livraison.

MC

1.5 Mise en œuvre – Prescriptions générales

La mise en œuvre du produit est décrite dans le guide des étapes ci-dessous. Dans les prescriptions générales vous retrouverez les étapes classiques de mise en œuvre des blocs de chanvre selon la technique de pose à joints minces. Elles s'appliquent à l'utilisation de l'ensemble des blocs de chanvre ISOHEMP et bien entendu à la gamme HEMPRO spécifique à ce dossier technique.

Les démonstrateurs et le service technique ISOHEMP assistent les entrepreneurs durant tout le chantier.

ISOHEMP conseille fortement aux entrepreneurs de suivre une formation à la mise en œuvre des blocs ISOHEMP et plusieurs solutions d'accompagnement sont possibles :

- Des formations sur site à l'usine.
- Des formations au sein des entreprises par notre Directeur technique et / ou notre démonstrateur formateur
- Des formations et assistance en démarrage de chantier par notre démonstrateur formateur.

1.5.1 Palettes – Ouverture et protection

Enlevez et gardez l'alvéolaire de protection des palettes pour protéger les murs en cours d'élévation le soir en cas de pluie.

En fin de journée, protégez et recouvrez votre palette entamée à l'aide de l'alvéolaire.

MC

1.5.2 Pose du premier rang

Démarrez la maçonnerie en blocs de chanvre de manière à protéger les blocs des remontées capillaires et des pluies battantes.
La pose du premier rang se fait sur une arase de mortier hydrofugé ou sur membrane d'étanchéité. L'arase de mortier hydrofugé peut être sèche ou humide.

Etapes de pose détaillées :

Recherchez le point le plus élevé de la dalle à l'aide d'un niveau laser, niveau à haut ou d'une lunette, appliquez une bande d'étanchéité à remonter de quelques cm le long du bloc de chanvre ou une arase de mortier hydrofugé.

Appliquez un lit de mortier uniformément étalé et d'une épaisseur moyenne d'1 à 2 cm. Encollez le joint vertical si vous êtes sur une coupe. Si présence de l'emboitement pas d'encollage. Ajustez au maillet si nécessaire pour obtenir un joint mince vertical de 3mm.

Il est primordial que ce premier rang soit parfaitement de niveau. Vérifiez l'aplomb et attendez que le mortier soit sec avant de poursuivre la maçonnerie. Le mortier béton d'arase est en général sec au bout de 24h.

Sur surface plane et sans risque d'humidité ascensionnelle, le mortier colle ISOHEMP peut être utilisé.

NB2 : Les photos sont ici réalisées avec des blocs à bord droit, la mise en œuvre est identique avec les blocs à emboitements à l'exception de l'encollage expliqué photo 4 qui n'est pas nécessaire dans le cadre de la présence d'un emboitement.

MC

1.5.3 Pose des rangs suivants

Le collage se fait exclusivement à l'aide du mortier colle ISOHEMP, à défaut ISOHEMP ne peut être tenu responsable de toute dégradation de maçonnerie liée au collage . Bien respecter les instructions indiquées sur les sacs de mortier colle.
Préparez le mortier colle avec 7 à 8 l d'eau pour un sac de 25kg, en ayant pris soin de verser le mortier colle dans l'eau et non l'inverse. Le mélange reste utilisable pendant une heure.
La colle ne peut être utilisée à des températures en-dessous de 5 degrés ou supérieure à 30 degrés afin d'assurer une adhérence du mortier pour joints minces.

Décelez et poncer les points hauts, dépoussiérez le support .

NB Les photos sont ici réalisés avec des blocs à bord droit, la mise en œuvre est identique avec les blocs à emboitements.

Sur les blocs HEMPRO l'encollage est réalisé à l'aide de 2 bandes de colle de part et d'autre de l'épaisseur du bloc
Bande de colle de 7,5cm sur les blocs HEMPRO 30cm
Bande de colle de 9cm sur les blocs HEMPRO 36cm

MC

Encollez la surface verticale dans le cas où celle-ci n’est pas munie de tenons mortaises.
Posez le bloc sur la colle pour une maçonnerie en joints minces de 3mm.

Ajustez au maillet et vérifier les niveaux. Enlevez le surplus de colle à la truelle pour éviter les joints fantômes.

MC

1.6 Système HEMPRO – Spécificités

On reprend dans les paragraphes ci-dessous les étapes du procédé HEMPRO.

Pour rappel le bloc de chanvre n'est pas un élément de maçonnerie porteur. Dans le cas de ce dossier, on étudie les bâtiments dont la structure béton est l'élément porteur.

Cette structure béton peut être soit confinée dans les éléments poteaux et U de coffrage en chanvre, soit préfabriquée ou réalisée sur chantier en amont de la pose des blocs de chanvre qui interviennent donc alors en remplissage.

En fonction des sols, de l'élévation etc… différentes solutions de fondations, de sections de poteaux, sont à étudier par le BE Structure

Il convient de respecter scrupuleusement les informations prescrites par le bureau d'études ainsi que les caractéristiques des aciers béton et les caractéristiques du béton dûment calculées par celui-ci.

Les paragraphes ci-dessous reprennent les différentes étapes de réalisation d'une élévation en blocs de chanvre sur base de l'étude de stabilité et du mode de structure choisi : coulage dans les blocs HEMPRO d'un béton armé ou remplissage sur la structure poteau poutre / poteau plancher.

MC

1.6.1 Principe constructif avec coulage de la structure dans les blocs

Démarrage et mise en place des armatures :

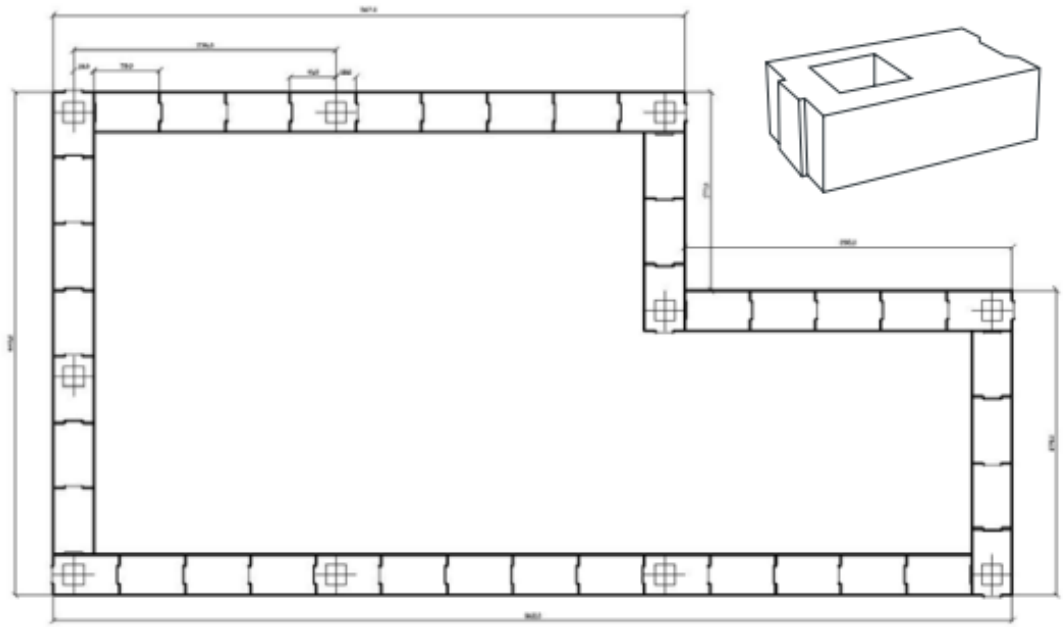
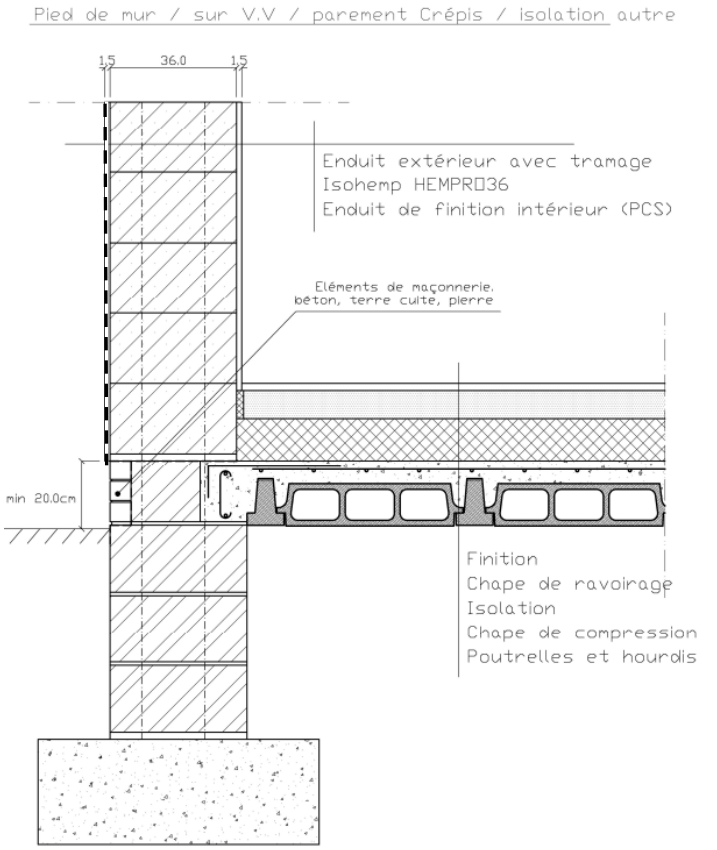


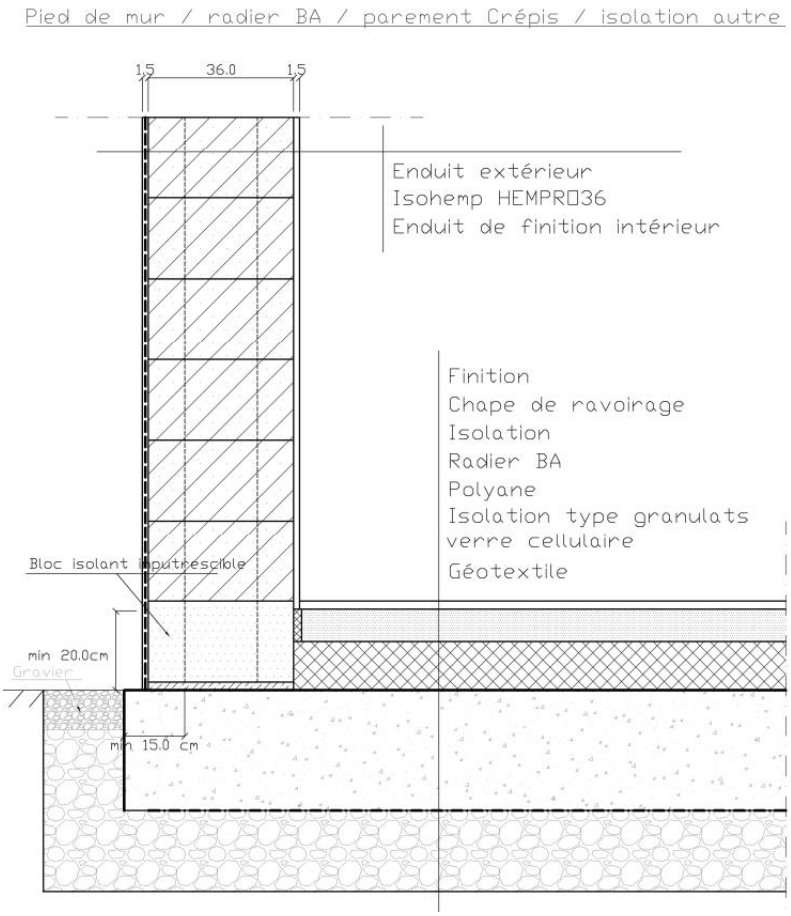
Photo illustrant le rang de démarrage dans un système HEMPRO avec poteaux confinés.
Les blocs percés font office de coffrage pour les poteaux en béton qui seront coulés. Ils assurent l'isolation des colonnes.
Il convient de bien aligner les trous des blocs percés tout en travaillant en joints alternés.

Les armatures d'attentes doivent être mises en place suivant les prescriptions du bureau d'études quant à l'emplacement des colonnes.

MC

Schéma de principe illustrant un démarrage sur dallage ou radier :



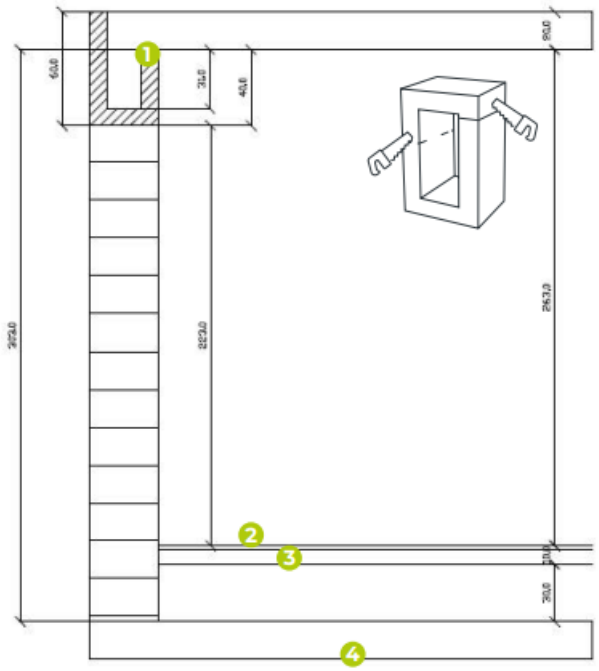


MC

Pose des blocs en élévation

- ### Pose des blocs en U :

Les blocs en U font office de coffrage et permettent de couler les poutres sur lesquelles viendront se poser le plancher et la toiture. Ils assurent l'isolation thermique des poutres.



1. Bloc U
2. Plancher
3. Isolation de sol
4. Dalle de fondation

- ### Réalisation de la jonction entre un élément poteau et un élément poutre :

Réalisez la jonction au départ d'un bloc U. Après avoir pris les mesures exactes, découpez et évidez le bloc U de la même section que la colonne en béton armé. Il est aussi possible de remplacer les U par des planelles.

MC

- **Pose des linteaux :**

Placez un linteau Isohemp dans le cas où le niveau bas de la poutre en béton armé (Bloc U) ne coïncide pas avec le niveau haut de l'ouverture ou de la baie prévue.

- **Pose des armatures :**

Les armatures sont déposées et liaisonnées dans les éléments de coffrage perdus au niveau des poutres et des colonnes. Les écarteurs en plastique doivent être positionnés afin de respecter les enrobages d'armatures comme prévu par le BE.

- **Remplissage des poteaux:**

Il faut s'assurer qu'aucun déchet, chanvre, … ne vienne se déposer au fond de la colonne de blocs percés et dans les blocs U afin d'assurer la parfaite stabilité des poteaux et poutres lorsque le béton sera coulé. Une ouverture en pied de colonne est à réaliser afin de pouvoir vider les éléments étrangers. Il faut maintenir la maçonnerie en blocs de chanvre au moment de couler le béton des colonnes. et particulièrement les blocs en U. (exemple de détail repris ci-dessous).

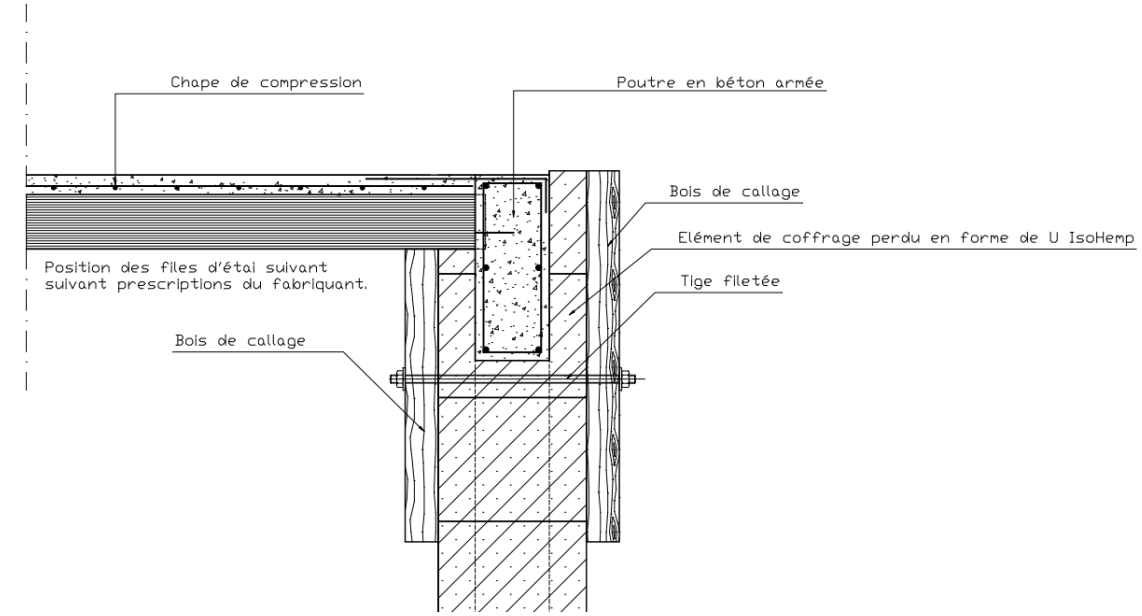
Le remplissage des poteaux est réalisé avec un béton conforme aux prescriptions du bureau d'étude après avoir pris les dispositions de coffrage nécessaires au niveau des blocs U et des blocs percés.
Le bétonnage des éléments HEMPRO sera de préférence réalisé à l'aide d'une benne à béton munie d'un tuyau en caoutchouc de 2 m de long et d'un diamètre adapté à la section du poteau.
Le coulage se fera par demi niveau (cf Maçonneries en zone sismique : méthodes et exemples de dimensionnement selon Eurocode 8 / CERIB 146 E.2 §2.3.3). On fait le tour du bâtiment avec un remplissage demi niveau puis on poursuit pour finaliser le remplissage.

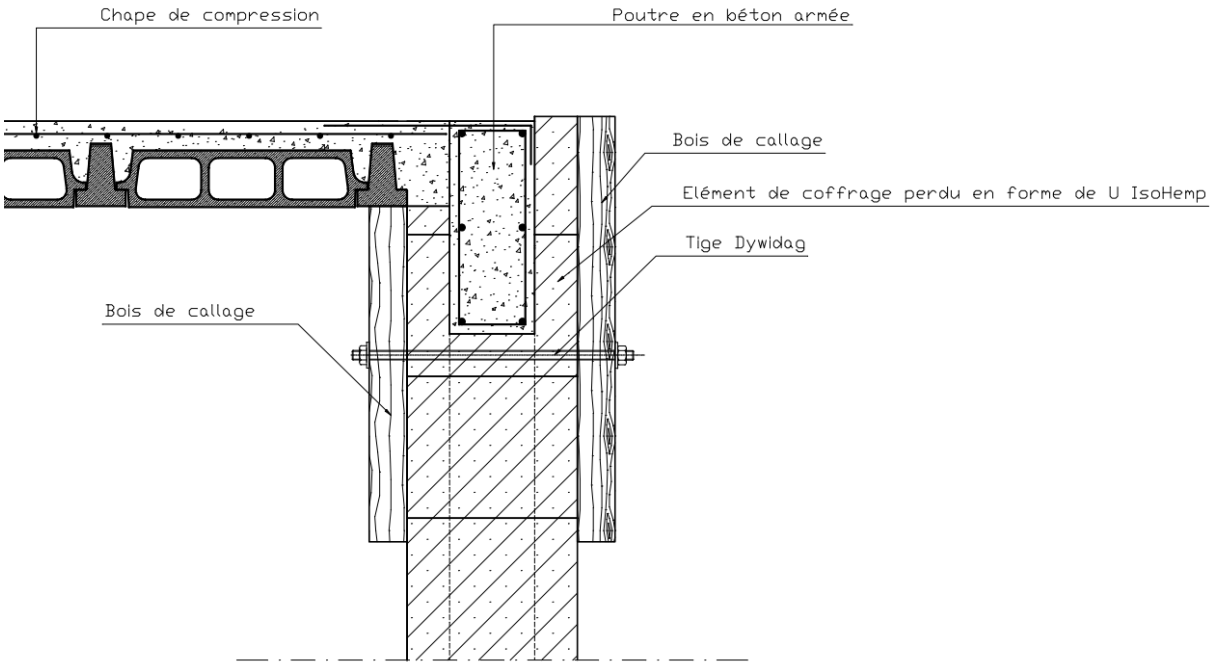
Des essais de résistance et de coulage des produits In situ ont été réalisés et rapportés dans le rapport en annexe 1.6 en justification de ces points.

MC

- **Pose du plancher:**

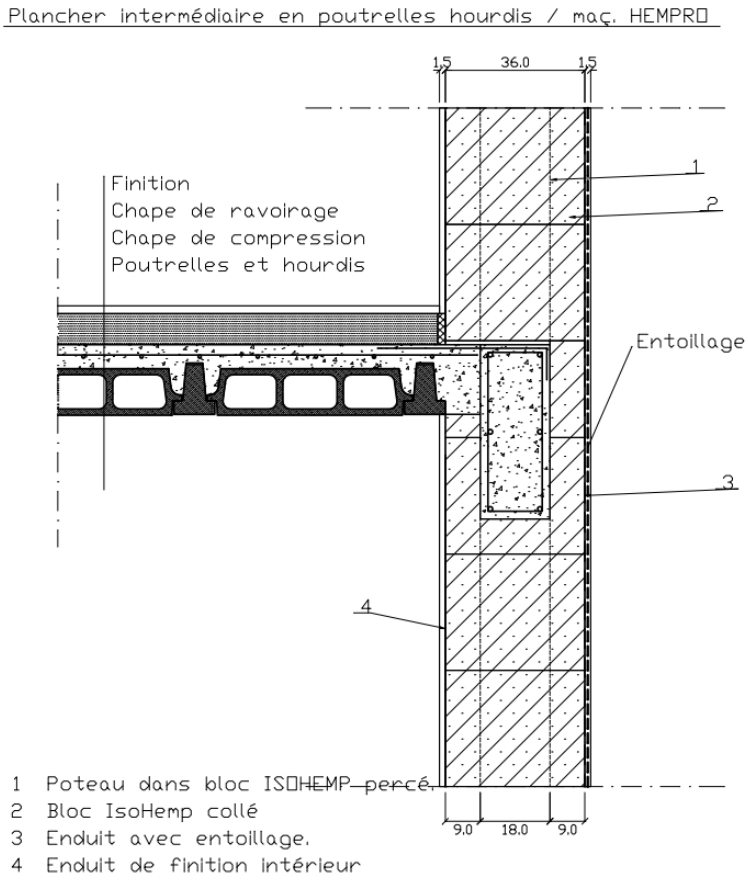
Le plancher repose sur la poutre de ceinture.
Soutenez le plancher par des étais si nécessaire.
Il faut maintenir la maçonnerie en blocs de chanvre au moment de couler le béton et particulièrement les blocs en U. (exemple de détail repris ci-dessous).





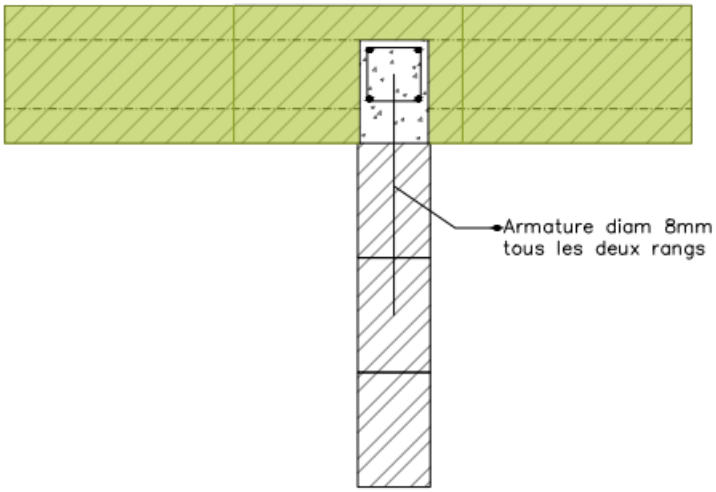
MC

Coulez le béton en une fois pour le chainage et la chape de compression du plancher.



- **Traitement du mur de refend**

Dans la mesure du possible, solidarisez les murs de refend avec les poteaux. Découpez les blocs percés au niveau de la colonne pour réaliser un lien mécanique avec le mur de refend.

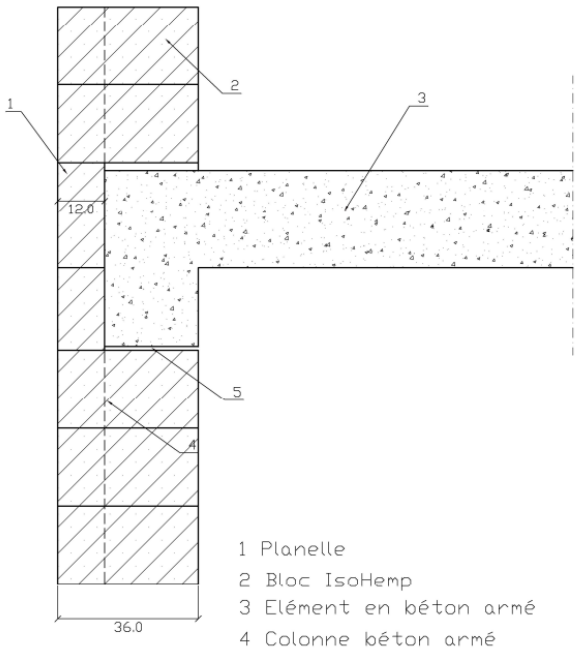


MC

1.6.2 Principe constructif en remplissage sur ossature béton

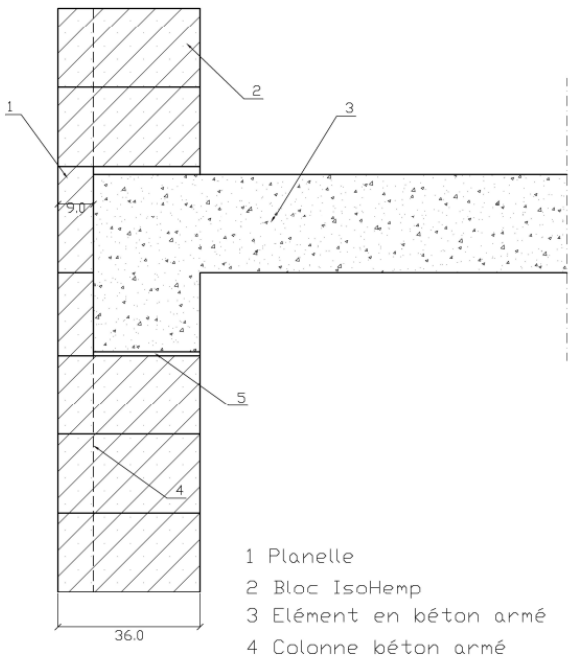
Le plancher est réalisé en béton dans le cas d'une structure poutres dalles et dans le cas d'un poteaux-poutres il pourra être réalisé en poutrelles hourdis, en béton armé, en dalles alvéolées ou en bois selon la nature du projet.
Le traitement des nez de plancher est réalisé selon le principe des détails ci-dessous avec différentes variantes en fonction du traitement de pont thermique recherché : (ex en HEMPRO 36).
Le remplissage du joint sous la poutre ou le plancher est réalisé à l'aide d'un mortier de chaux chanvre.

Remplissage Isohemp Poteaux-Dalle BA Planelle 12 cm



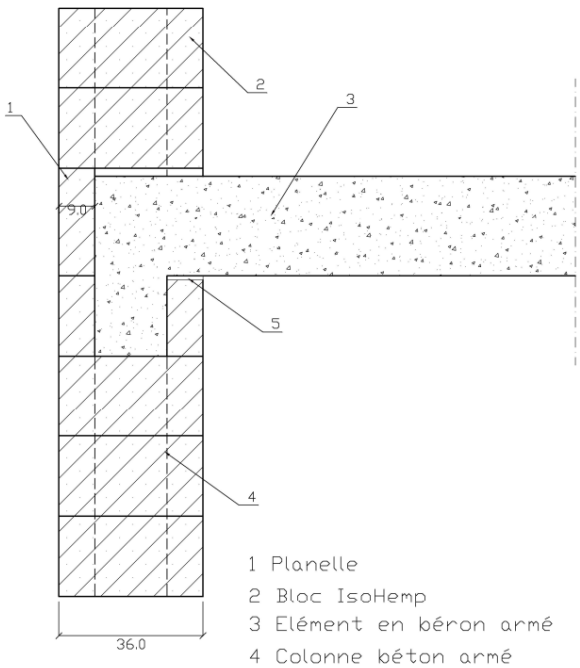
1 Planelle
2 Bloc IsoHemp
3 Elément en béton armé
4 Colonne béton armé
5 Resserage mortier chaux-chanvre

Remplissage Isohemp Poteaux-Dalle BA Planelle 9 cm



1 Planelle
2 Bloc IsoHemp
3 Elément en béton armé
4 Colonne béton armé
5 Resserage mortier chaux-chanvre

Remplissage Isohemp Poteaux-Dalle BA 2 Planelles 9 cm



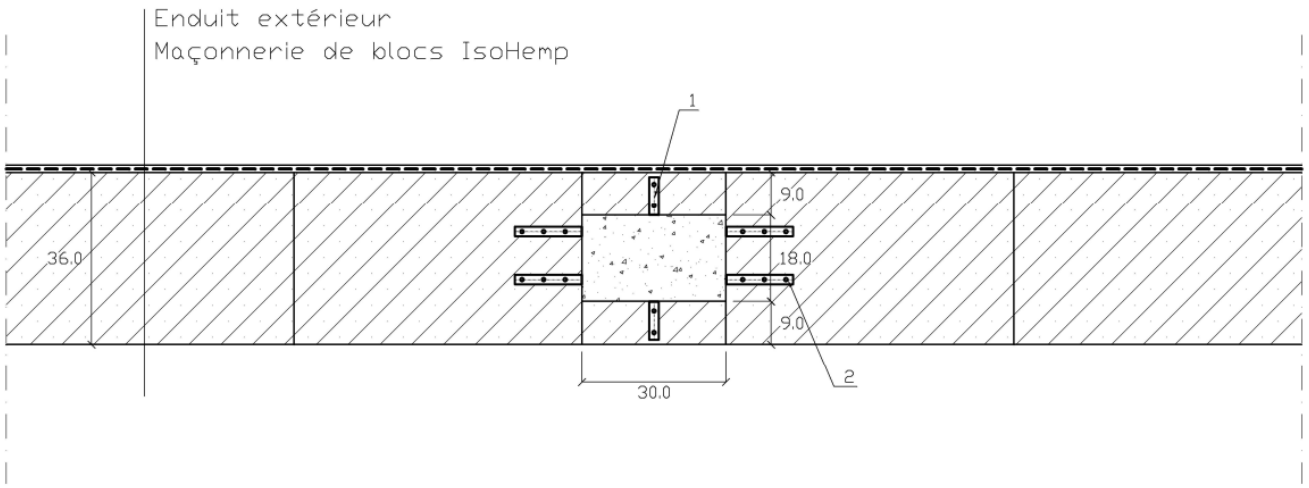
1 Planelle
2 Bloc IsoHemp
3 Elément en béron armé
4 Colonne béton armé
5 Resserage mortier chaux-chanvre

MC

Schéma de principe vue en plan des liaisons des éléments de façade chanvre dans le cas du remplissage sur structure béton existante.
La fixation est ainsi réalisée tous les 60 cm sur les colonnes (soit tous les 2 rangs pour les blocs Hempro 30 de hauteur 30cm et tous les 3 rangs pour les blocs HEMPRO 36 de hauteur 20cm)

Ex ci-dessous en blocs HEMPRO 36 . Fixations au chanvre par vis et équerres disponibles à la gamme ISOHEMP.

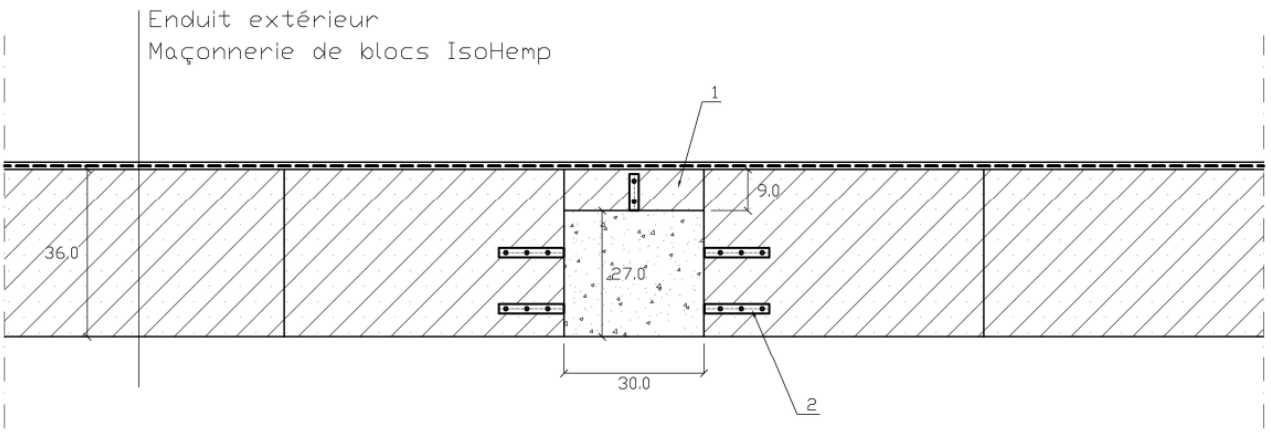
Colonne BA avec remplissage Isohemp (2 planelles de 9 cm)



1 EQLI08 + 2 VIS06-100
2 EQLI14 + 3 VIS06-100

Ech:1/50

Colonne BA avec remplissage Isohemp (planelle de 9 cm)



1 EQLI08 + 2 VIS06-100
2 EQLI14 + 3 VIS06-100

Ech:1/50

MC

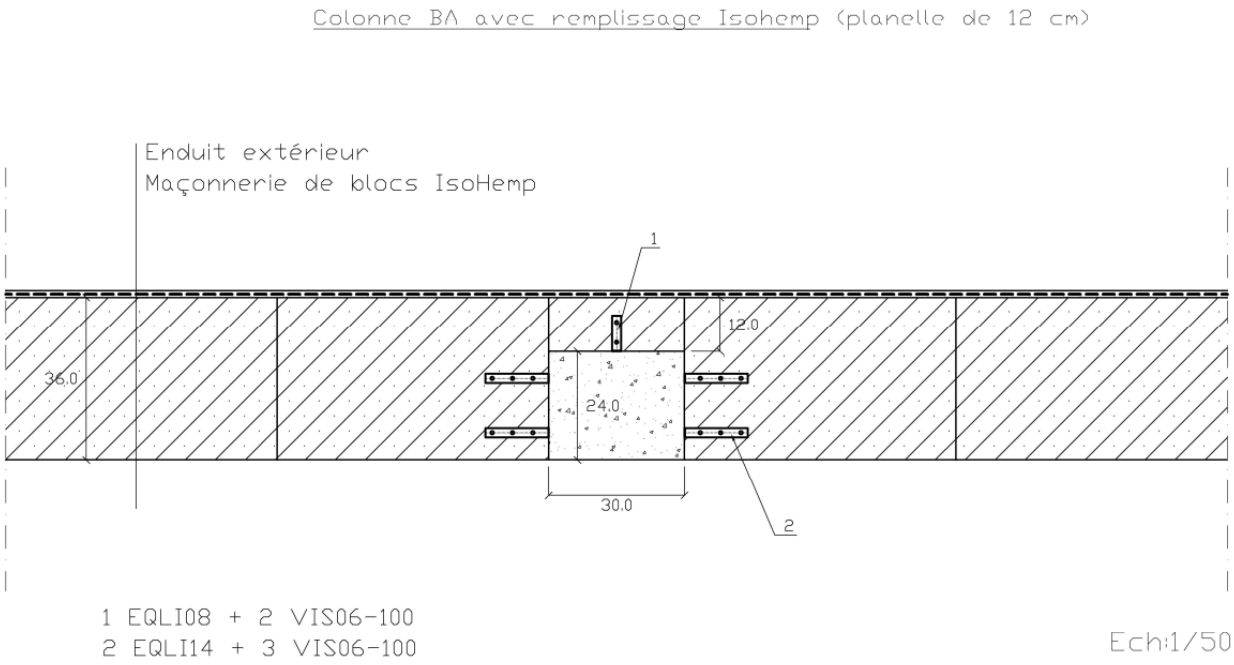
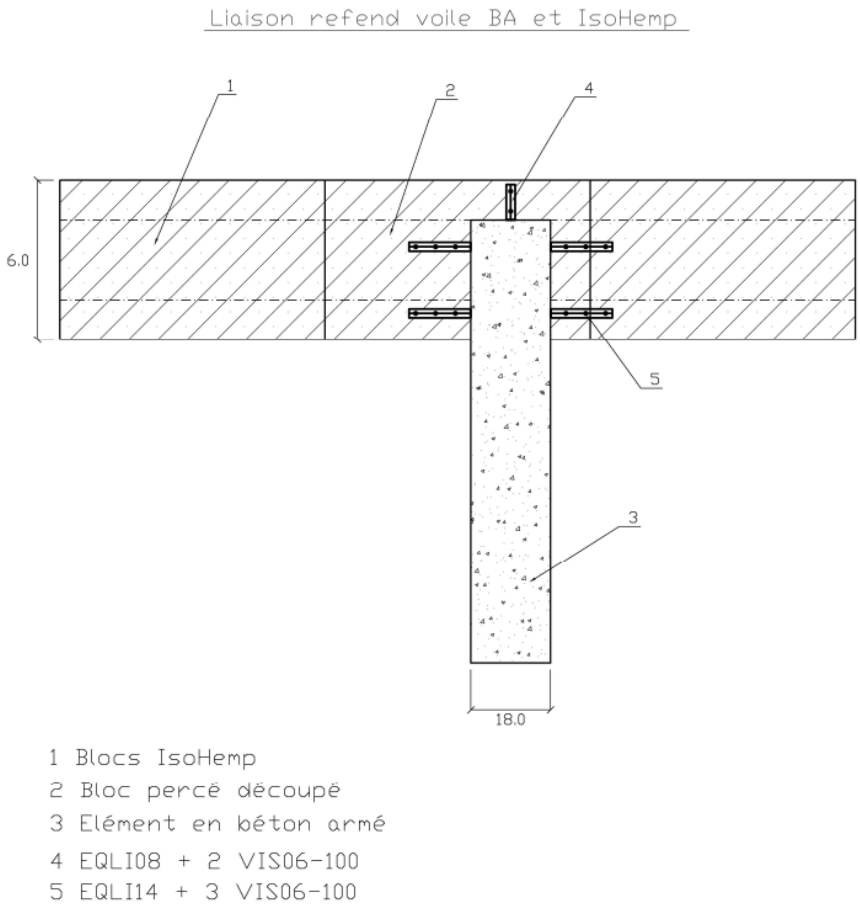


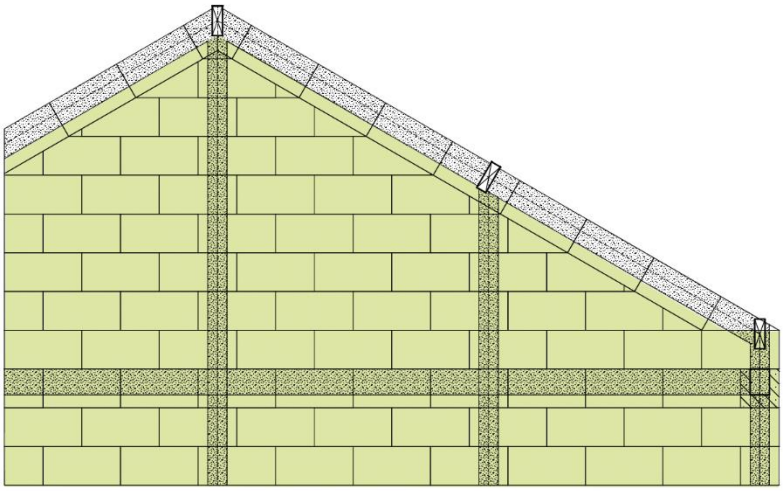
Schéma de principe du traitement du mur de refend



MC

1.6.3 Toiture

Le procédé constructif ISOHEMP accepte les charpentes de type traditionnelles ou industrielles. Le raccordement de la charpente au mur en blocs se fait de façon traditionnelle. La présence d'une poutre de rampant structurelle en pignon permet l'encrage de la charpente à la structure poteau poutre.

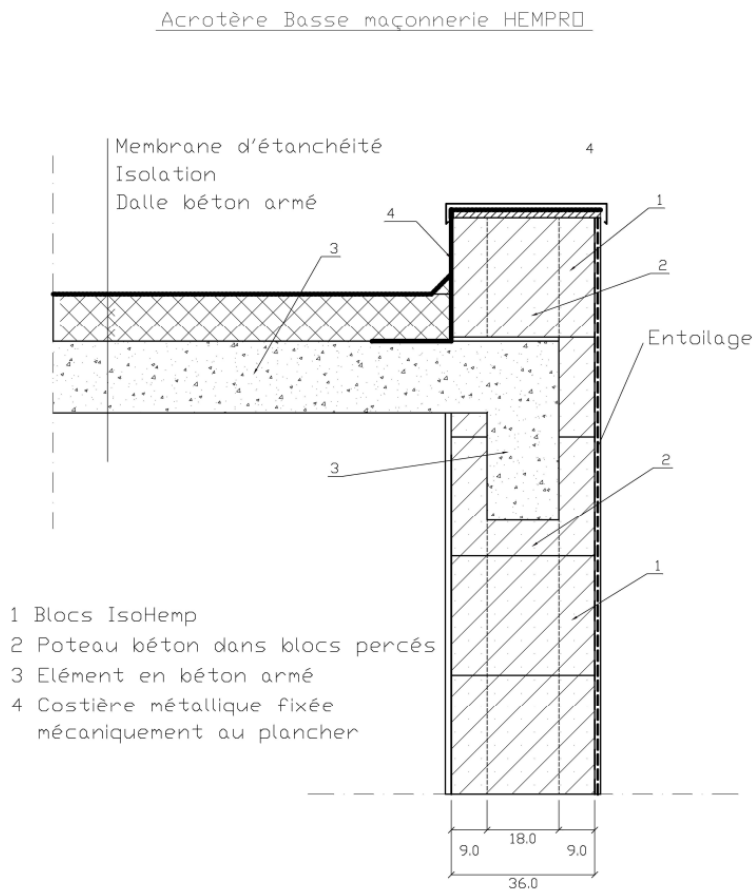


Pignons

Pour le coffrage de la poutre de rampant on utilise soit les blocs BU soit les planelles (7.5cm pour les HEMPRO 30cm et 9cm pour les HEMPRO 36cm)

Pour les toitures plates :

Les solutions avec <u>acrotères hauts ne sont pas prévues en blocs de chanvre</u> (se reporter aux autres solutions acrotères hauts traditionnels admis, en général en béton armé).
Pour les acrotères bas la solution proposée est la remontée des poteaux et ceinture en tête d'acrotère avec remontée d'étanchéité sur costière métallique, selon les prescriptions du DTU 43.1 .



MC

1.6.4 Pose de chassis

Le procédé constructif accepte tous les types de menuiseries disponibles pour les systèmes constructifs de type monomur.

La pose est prévue selon les méthodes courantes en maçonnerie : en mixte (tunnel / applique) en tunnel, en feuillure.

- Comme pour toute autre type de maçonnerie, référez-vous aux recommandations du fabricant de châssis concernant la pose de ces derniers.
- L'appui de fenêtre peut être directement posé sur la maçonnerie en blocs de chanvre.
- En fonction des surfaces des ouvertures, fixez le chassis dans le chanvre ou dans le poteau en béton.

<u>Mention concernant le traitement des allèges :</u>
Selon le DTU 20.1 P1-1, art 7.3.2.5.1 : Jonction allège trumeau porteur.
N'est considéré que le cas d'une jonction allège trumeau porteur, et nos blocs ne sont pas porteurs.
Cet article ne s'applique pas à nos produits.
Le traitement du fer d'allège n'est donc pas nécessaire en remplissage en blocs de chanvre.

Pour la réalisation des battées,

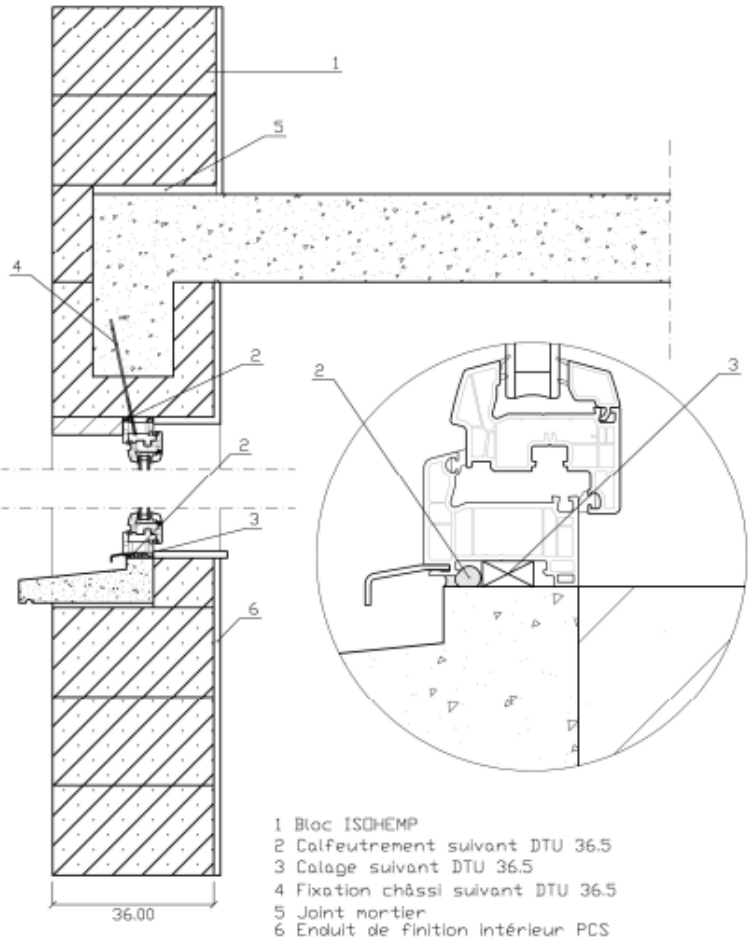
1. Soit découpez directement dans le bloc de chanvre la battée souhaitée.
2. Soit effectuez le collage des battées lors d'une pose en tunnel.

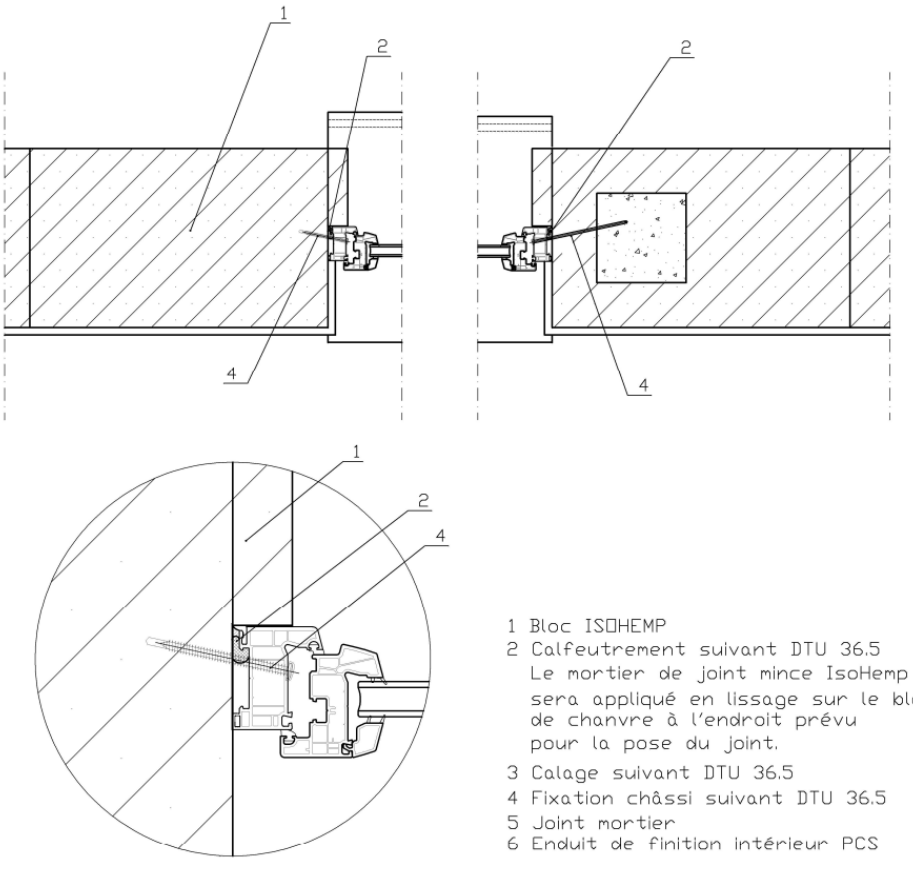
Les appuis de fenêtre doivent dépasser de minimum 5 cm de la façade et présenter un relevé latéral.

Quelques exemples ci-dessous pour la pose des menuiseries :

MC

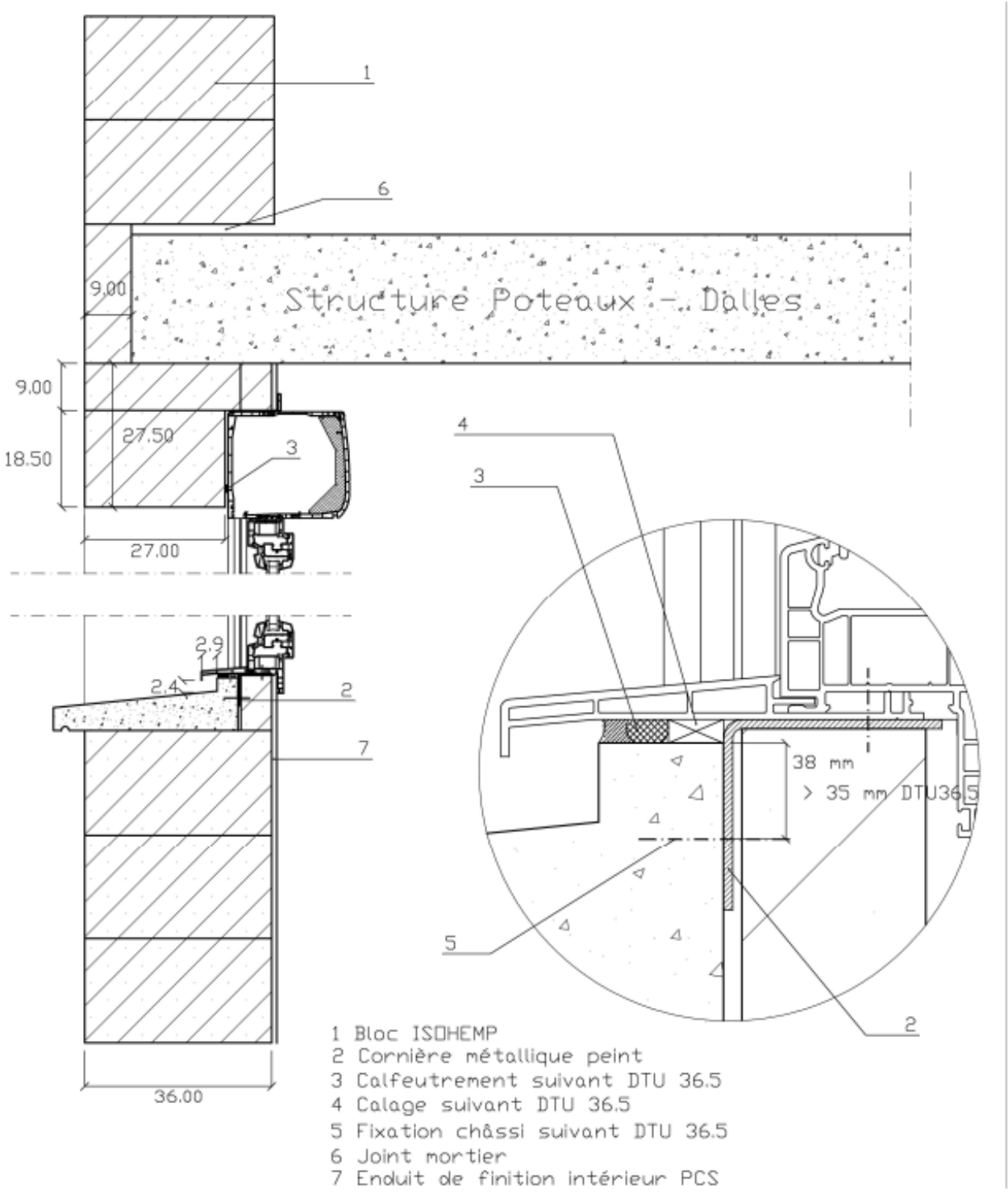
- <u>Pose en tunnel sur un système HEMPRO avec structure poteau poutre confinée :</u>



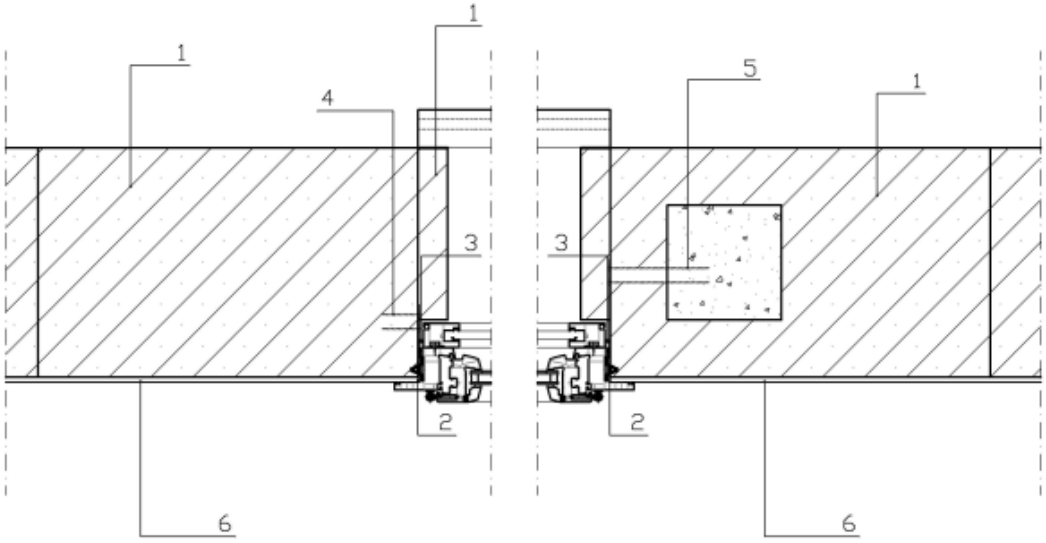


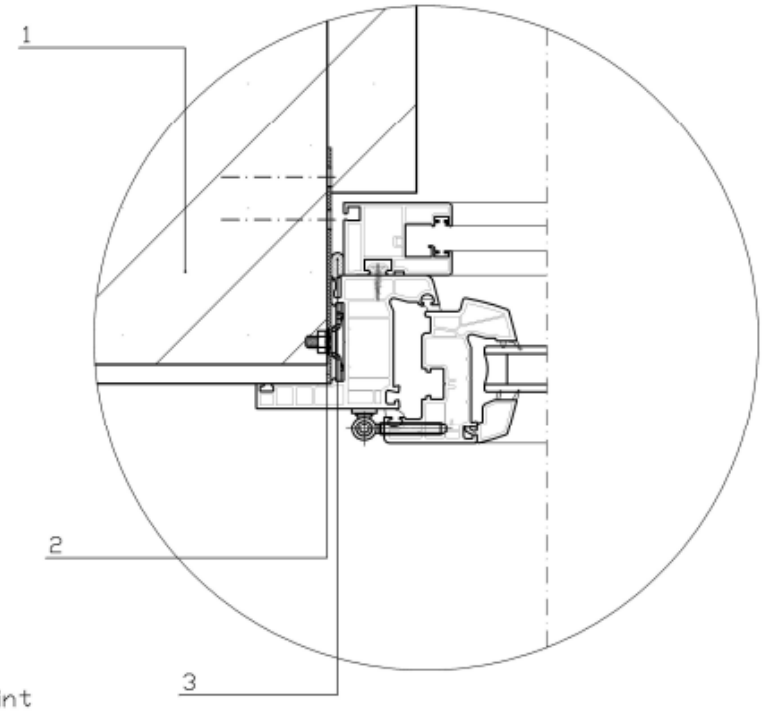
MC

- <u>Pose en feuillure sur un système HEMPRO en remplissage sur poteau dalles :</u>



MC





1 Bloc ISOHEMP
2 Plat métallique peint
3 Calfeutrement suivant DTU 36.5, Le mortierde joint mince IsoHemp sera appliqué en lissage sur le bloc de chanvre à l'endroit prévu pour la pose du joint.
4 Fixation châssi dans maçonnerie suivant DTU 36.5
5 Fixation châssi dans le poteau béton suivant DTU 36.5
6 Enduit de finition intérieur PCS

MC

Dimensionnement des fixations :

La note de calcul Fixation des menuiseries sur ISOHEMP précise les modalités et principes de calcul pour la fixation d'une menuiserie dans les blocs, en prenant en compte la dimension de la menuiserie, l'exposition au vent, la résistance à l'arrachement des fixations.

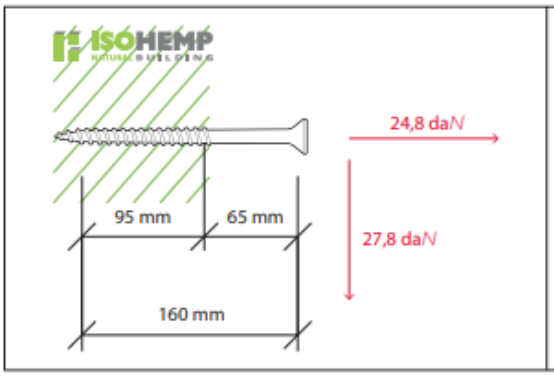
Cette note de calcul est reprise dans sa totalité dans les annexes 2.5

Si le résultat de la note de calcul amenait à un nombre de points de fixation trop importants, il convient alors de prévoir des éléments béton armés afin de fixer les châssis sur ces derniers.

Fixation des menuiseries

11/07/2023

Vis Ø 8 long 160 mm ; profondeur d'ancrage min. = 95 mm



Valeurs suivant rapport d'essais du CSTC du 11/02/2016 avec coefficient de sécurité de 0,24

$$N_{rdu} = \frac{0,75}{1,25\,\gamma_m} \times N_m$$

$$= 0,24 \times N_m \text{ avec } \gamma_m = 2,5$$

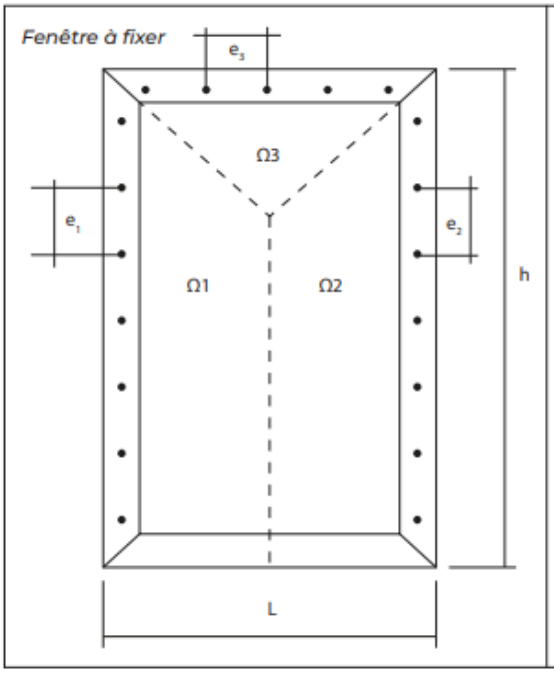
Résultats suivant test CSTC DE621B615-1 du 11/02/2016

H = 835 N = 83,5 daN
V = 944 N = 94,4 daN

Valeurs de calcul avec coefficient de sécurité de 0,24

H = 83,5 x 0,24 = 20 daN
V = 94,4 x 0,24 = 22,7 daN

Suivant DTU 36.5, pour une hauteur du bâtiment ≤ 9,00, la pression et/ou dépression maximale à appliquer est de 1650 Pascals, soit 165 daN/m². Valeur maximale peu importe la région et la catégorie de terrain.



Q_w = 165 daN/m²
N= nombre de fixations

$$n_1 = n_2 = \left| \frac{\Omega 1 \times Q_w}{22,7} \right| + 1$$

$$n_3 = \left| \frac{\Omega 3 \times Q_w}{22,7} \right| + 1$$

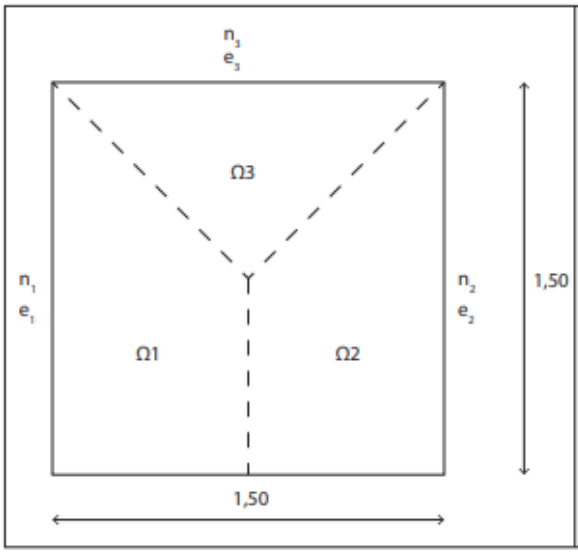
Écartement entre les fixations

$$e_1 = e_2 = \frac{h}{n_1 - 1}$$

$$e_3 = \frac{l}{n_3 - 1}$$

MC

Exemple
Soit un châssis de 1,50 x 1,50 à fixer dans les blocs IsoHemp.



$\Omega_1 = \Omega_2$ = (1,5 + (1,5 - 1,5/2) x (1,5/2) x 0,5
= 0,844 m²

Ω_3 = 0,25 . 1,5² = 0, 563 m²

Nombre de ixations

$n_1 = n_2 = \left| \frac{0,844 \times 165}{22,7} \right| + 1 = 8$

$n3 = \left| \frac{0,563 \times 165}{22,7} \right| + 1 = 6$

Écartement entre les fixations

$e_1 = e_2$ = 1,50/8 - 1 = 0,21 m
= tous les 21 cm

e_3 = 1,50/6 - 1 = 0,320 m
= tous les 32 cm

Calfeutrement et protection :

Le calfeutrement est réalisé suivant les prescriptions du DTU 36.5. Les châssis seront posés sur calles en nombre suffisant et conformément au DTU 36.5.

Les performances acoustiques et plus particulièrement les jonctions avec les parois sont à étudier par un bureau d'acousticiens compétant via un logiciel adapté comme ACOUBAT. IsoHemp dispose de PV acoustique et/ou simulation donnant la valeur Rw (C, Ctr) des parois réalisées à l'aide de ses produits.

Pour la pose en feuillure :

- La feuillure est réalisée par découpe du bloc de chanvre de manière à conserver un recouvrement minimal entre le dormant et la paroi. Les dimensions de la découpe sont adaptées au cadre du dormant de la menuiserie.
- Le calfeutrement de la menuiserie est réalisé conformément au DTU 36.5 entre le bloc de chanvre et la menuiserie. Le mortier de joint mince ISOHEMP sera appliqué en lissage sur le bloc de chanvre à l'endroit prévu pour la pose du joint.
- La fixation des menuiseries à la structure est réalisée par des vis de dimensions adaptées, en traverses hautes et basses et sur chaque montant, en nombre suffisant conformément au DTU 36.5 et notre document NCI-003, soit en traversant le bloc de chanvre ou fixées dans l'ossature de béton armé.
- Afin de protéger la baie de la stagnation d'eau en partie basse lors de la mise en œuvre, il convient que l'entreprise en charge de la pose de la menuiserie mette également en œuvre la bavette ou une protection temporaire type membrane en partie basse.

MC

Pour la pose en tunnel :

- L'étanchéité est réalisée conformément au DTU 36.5 entre le bloc de chanvre et la menuiserie. Le mortier de joint mince ISOHEMP sera appliqué en lissage sur le bloc de chanvre à l'endroit prévu pour la pose du joint. La fixation des menuiseries à la structure est réalisée par des vis de dimensions adaptées, en travers hautes et basses et sur chaque montant, en nombre suffisant conformément au DTU 36.5 et notre document NCI-003, soit traversant le bloc de chanvre ou fixées dans l'ossature béton armé.
  Afin de protéger la baie de la stagnation d'eau en partie basse lors de la mise en œuvre, il convient que l'entreprise en charge de la pose de la menuiserie mette également en œuvre la bavette ou une protection temporaire type membrane en partie basse.

Pour la pose mixte (tunnel/applique) :

- La pose mixte est réalisée par insertion partielle du dormant dans le vide de la baie. La partie du dormant (non insérée en tunnel) en saillie du nu intérieur du mur sera fixée à la maçonnerie comme dans le cas du montage en feuillure.
- Le calfeutrement de la menuiserie est réalisé conformément au DTU 36.5 entre le béton et la menuiserie. Le mortier de joint mince ISOHEMP sera appliqué en lissage sur le bloc de chanvre à l'endroit prévu pour la pose du joint. La fixation des menuiseries à la structure est réalisée par des équerres métalliques de dimensions adaptées, en traverses hautes et basses et sur chaque montant, en nombre suffisant conformément au DTU 36.5 et notre document NCI-003 soit fixées dans la maçonnerie ou l'ossature béton armé.
- A la pose, il convient de conserver un espacement minimal entre l'aile de recouvrement du dormant et la face de la paroi intérieure pour permettre la mise en place ultérieure du revêtement intérieur.
- Afin de protéger la baie de la stagnation d'eau en partie basse lors de la mise en œuvre, il convient que l'entreprise en charge de la pose de la menuiserie mette également en œuvre la bavette, ou une protection temporaire type membrane en partie basse.

MC

1.6.5 Rainurages et gainages

Procéder au rainurage à l'aide d'une rainureuse. Finalisez l'ouverture manuellement.

Fixez boitiers et gaines électriques.

Récupérez les déchets de vos découpes de blocs de chanvre, broyez les ensuite avec le liant prokalk à raison de 50 % de l'un et 50 % de l'autre. Hydratez le mélange ainsi obtenu avec de l'eau de manière à obtenir un mélange homogène et légèrement humide. Remplissez les cavités avec le mélange.

Le scellement des boites peut être réalisé à l'aide de la colle ISOHEMP ou de plâtre de montage.

1.6.6 Finitions

FINITIONS EXTERIEURES

De nombreuses finitions extérieures sont possibles. Elles doivent dans tous les cas permettre une respiration du mur et une migration de la vapeur d'eau.
Quelques exemples sont présentés ci-dessous, et notamment pour les solutions d'enduits, un renfort d'enduit généralisé est prévu.

En parallèle des tests de caractérisation ont été réalisés sur les blocs. Ils sont repris dans le rapport d'essais EEM 22 12719 C Essais M23 019 Tests à la pastille diam 50 mm suivant DTU26.1 et NF EN 1015-12

MC

Résultats individuels des essais de résistance à l'arrachement :

Elément support	N° essai	Section éprouvette (mm²)	Charge à la rupture (N)	Type de rupture	Adhérence (N/mm²)
Nature de l'élément Référence commerciale	1	1963	415	100% A	0,20
	2	1963	291	100% A	0,15
	3	1963	514	100% A	0,25
	4	1963	322	60% A / 40% B	0,15
	5	1963	573	80% A / 20% B	0,30
Moyenne			**423**	**-**	**0,21**
Ecart-type			*121*	**-**	*0,07*
Conformité selon DTU 26.1 P1-2 : Rt3 > 0,8 MPa					**Non Vérifiée**

A : Rupture de cohésion – Rupture dans le support
B : Rupture au niveau du collage de la pastille

- **Enduits base chaux**

Le bloc ISOHEMP présente une résistance à l'arrachement inférieure au classement Rt1. Aussi on se limitera aux enduits listés ci-dessous et on se reportera précisément aux prescriptions des fabricants.
A l'annexe 1.8 de ce dossier sont reprises les préconisations des fabricants d'enduits disposant actuellement d'un DTMO ou d'un guide de mise en œuvre sur blocs de chanvre. A noter que la pose de l'enduit se fait en deux couches avec tramage sur toute la surface.

Les fabricants sont :
Saint Astier Gamme Kalamua
Parex Gamme Parexal /Parlumiere
PRB Gamme R&D
Arte Constructo Gamme Unilit

- **Bardages (Bois, métal, panneaux…)**

La pose de bardage est possible uniquement avec les restrictions suivantes :

pour les bâtiments non soumis aux exigences règlementaires de prise en compte du risque de propagation du feu par les façades en application de l 'article C021.

- logements famille 1 et 2
- ERP 5eme catégories
- ERP 4eme catégorie en RDC et R+1

De plus en application du CO20, article 2 – les revêtements extérieurs de façade doivent être de catégorie M2 ou C-s3, d0 .

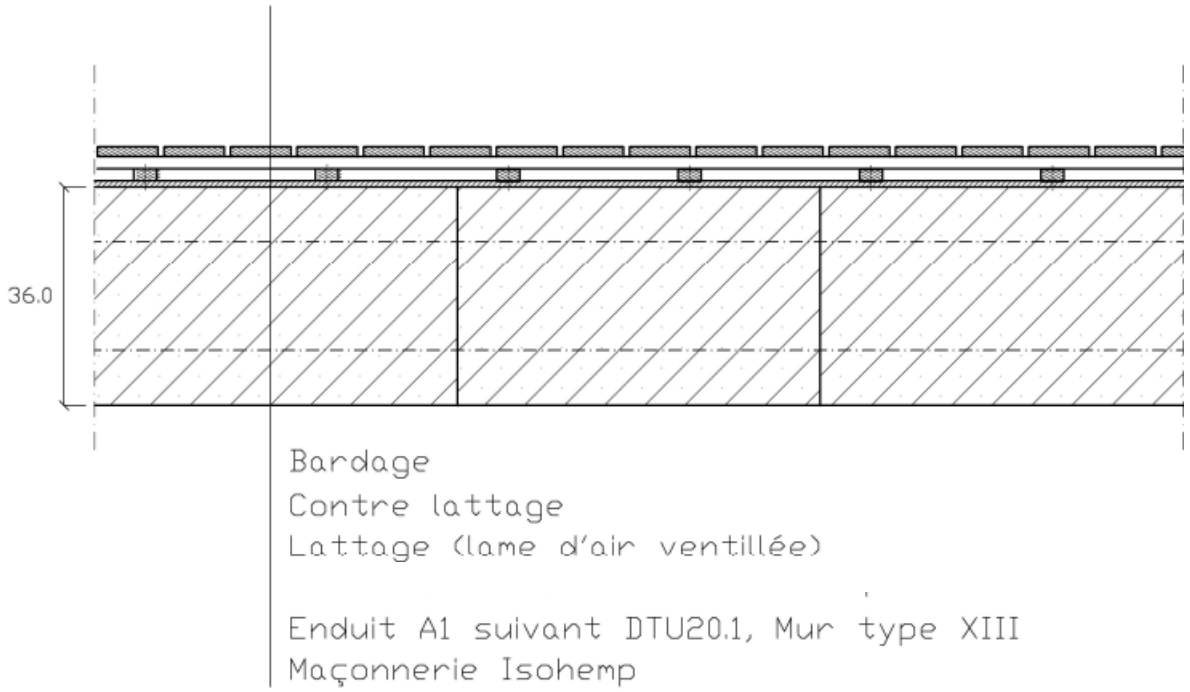
De plus la fixation de l'ossature du bardage sera faite uniquement dans les éléments béton de l'ossature et non dans les blocs de chanvre.

La pose du bardage doit suivre les prescriptions du DTU 20.1

Notamment en cas de bardage bois (type XIII) un corps d'enduit est requis pour assurer l'étanchéité de la façade.

MC

Dans ce cas le schéma de principe de la pose de ce bardage est le suivant :



MC

FINITIONS INTERIEURES

De nombreuses finitions intérieures sont possibles. Elles doivent dans tous les cas permettre une respiration du mur et une migration de la vapeur d'eau.
Quelques exemples sont présentés ci-dessous :

- **Enduit naturel PCS ou enduits à base de plâtre**

Pour un mur à la finition lisse, les enduits naturels perméable à la vapeur d'eau assurent la protection et le maintien de toutes les qualités des blocs de chanvre, et conduisent à un mur de type I au sens du DTU 20.1 P3.

L'enduit PCS (Plâtre chaux et sable) de la gamme ISOHEMP a été utilisé pour les tests feu au CSTB. Les performances obtenues sont reprises dans la partie justification de ce dossier. (EI 120mn pour 20cm et EI 240mn pour 30cm).

- **Enduits à la chaux**

Pour un mur perspirant et ouvert à la vapeur d'eau offrant une variété de rendus. A apposer en une ou deux couches selon les prescriptions du fabricant.

- **Autres finitions type boiseries, plaques de carton plâtre etc… :**

La fixation des plaques pourra se faire par vissage sur ossature métallique selon le DTU 25.41.

- **Cas particulier des zones humides :**

Vis-à-vis de la résistance à l'humidité intérieure, notamment dans les pièces humides, le procédé de maçonnerie en blocs de chanvre ISOHEMP présente des spécificités et des prescriptions particulières sont à adopter.
Dans le cas des parois étant exposées régulièrement à une projection d'eau liquide (ex douche) on suivra les prescriptions du DTU 25.41 (ouvrages en plaques de plâtre) pour la réalisation d'une contre paroi en plaques de plâtre dans les locaux de EB, EB+ privatifs et EB+ collectifs.

MC

1.6.7 Etanchéité à l'air et à l'eau du bâtiment

L'étanchéité à l'air du bâtiment dans le système HEMPRO est obtenue par l'enduit appliqué sur les blocs.
Elle peut être traitée du côté intérieur ou extérieur du mur cependant nous préconisons le traitement côté intérieur.

Selon les enduits utilisés on se réfèrera aux prescriptions des fabricants en ce qui concerne les épaisseurs minimums requises. Dans le cas de notre enduit de finition intérieure PCS le minimum requis est de 12mm.

Le traitement des points singuliers (jonctions, menuiseries etc…) sera réalisé selon les préconisations habituelles des DTU correspondants.

Pour ce qui est de l'étanchéité à l'eau des parois, il est rappelé que le bloc de chanvre ISOHEMP n'est pas destiné à rester non revêtu sur la face extérieure exposée. Les solutions de finitions décrites dans ce dossier (enduits ou bardages) permettent d'assurer l'étanchéité à l'eau de la paroi.
Les prescriptions prévues à ce dossier en termes de coupure capillaire en pied permettent le traitement de l'étanchéité à l'eau en pied, et les préconisations pour la réalisation des toitures permettent le traitement de l'étanchéité à l'eau en tête de murs.
Enfin les détails décrits pour la pose des menuiseries permettent le traitement de l'étanchéité à l'eau de ces points singuliers.

1.7 Assistance technique

Afin d'accompagner la prescription, l'étude et la mise en œuvre des blocs de chanvre ; Isohemp propose de nombreux services allant du conseil technique, pré-étude ou étude complète des projets.

Nos équipes techniques proposent :

- Pré étude et conseils de conception en blocs de chanvre
- Formations régulières à destination des professionnels du secteur de la construction et architectes, en ligne ou sur notre site de production.
- Formation et démarrage de chantier sur site des clients

MC

2 JUSTIFICATION

2.1 Sécurité incendie

Le procédé constructif HEMPRO permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité des Procès-verbaux ci-dessous :

Réaction au Feu selon NBN EN 13823 NBN EN 13501 : blocs de 60mm classement B-s1-d0.

PV de classement au feu selon EN 1364-1 réalisés au CSTB :

Sur blocs de 20cm avec une face enduite EI 120mn (PV RS 22 – 026 / A)

Sur blocs Hempro de 30cm avec une face enduite EI 240mn (PV n° RS 22 – 026 / B)

Les résultats des PV du CSTB sont applicables par extension aux dimensions de blocs intermédiaires sous réserve du respect des conditions de mise en œuvre.

Ainsi la performance du bloc de 20cm est extrapolable au bloc de 25cm.

La performance du bloc HEMPRO 30 est extrapolable au bloc HEMPRO 36cm µ

A ce jour nous n'avons d'appréciation de laboratoire pour la propagation du feu en façade.

Les documents sont repris en Annexe 2.1

2.2 Isolation thermique

Le suivi de production de l'usine est décrit dans le document FPC (Factory Product Control) / Manuel Qualité, et notamment les protocoles de suivi de la performance thermique des produits.

Cette caractéristique fait l'objet d'un programme de suivi interne et d'une validation externe par le CSTC (Buildwise), notamment dans le cadre de la règlementation « Base de données de produits dans le cadre de la règlementation PEB – Produits de construction opaques » (voir le texte de référence en annexe 2.2 Isolation thermique).

La conductivité thermique des blocs ISOHEMP a fait l'objet d'essais de détermination de la résistance thermique par la méthode fluxmétrique : (Mesure CODEM RE0323FB-021 de 2022)

Les rapports d'essais sont repris en annexe annexe 2.2 et nous permettent de déterminer une valeur de Lambda sec de notre procédé Lambda Dry 90/90.

De plus des tests de sorption ont été réalisés au CSTC en 2018 selon la norme NBN EN 12571 (2013) et sont repris dans l'annexe 2.2 (Rapport DE632xC551 HY17041/0)

L'ensemble de ces données et du suivi de la valeur thermique permettent de retenir la valeur de conductivité thermique utile : λ utile = 0,071 W/(mK).

Cette valeur de conductivité thermique est garantie par un suivi du procédé et des modalités de contrôles internes et externes tels que définis dans l'annexe 2.2 « Procédures suivi Lambda » et la grille de synthèse de résultats «Note de calcul lambda ».

MC

Les calculs de la résistance thermique de la paroi et des coefficients de déperditions linéiques ont été réalisés par calcul au sein de ISOHEMP grâce à l'outil TRISCO version 14.0w et présentent les résultats suivants, disponibles sur notre base documentaire architectes ou sur simple demande auprès de notre service technique:

Tableau 1 : conductivité thermique du béton de chanvre

Enveloppe bloc IsoHemp	30	36
Sur-épaisseur bloc IsoHemp	-	-
Épaisseur mur*	33	39
Valeurs R mur	4,43	5,28
Valeurs U mur	0,23	0,19

* Avec un enduit intérieur d'1cm et extérieur de 2cm.

Coefficients de déperdition linéiques des ponts thermiques (Ψ moyen W/(mK) de la paroi maçonnée avec un plancher bas. (λ Isohemp = 0.071 W/(mK).

Tableau 2 : coefficients déperditions linéiques des ponts thermiques de la paroi maçonnée avec un **plancher bas**

	FRANCE – RE2020		PHPP – PHI	
Epaisseur	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7
30 cm	0,328	0,814	0,358	0,814
36 cm	0,313	0,821	0,221	0,821

Coefficients de déperdition linéiques des ponts thermiques (Ψ moyen W/(mK) de la paroi maçonnée avec un plancher intermédiaire. (λ Isohemp = 0.071 W/(mK). :

Tableau 3 : coefficients déperditions linéiques des ponts thermiques de la paroi maçonnée avec un **plancher intermédiaire**

	FRANCE – RE2020		PHPP – PHI	
Epaisseur	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7
30 cm	0,266	0,860	0,213	0,860
36 cm	0,236	0,873	0,192	0,873

Coefficients de déperdition linéiques des ponts thermiques (Ψ moyen W/(mK) de la paroi maçonnée avec un plancher haut. (λ Isohemp = 0.071 W/(mK).

Tableau 4 : coefficients déperditions linéiques des ponts thermiques de la paroi maçonnée avec **un plancher haut**

MC

	FRANCE – RE2020		PHPP – PHI	
Epaisseur	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7
30 cm	0,381	0,791	0,315	0,791
36 cm	0,342	0,813	0,263	0,813

Coefficients de déperdition linéiques des ponts thermiques (Ψ moyen W/(mK) de la paroi maçonnée liaison **mur de façade et mur de refend** (λ Isohemp = 0.071 W/(mK).

	FRANCE – RE2020		PHPP – PHI	
Epaisseur	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7	Ψ (W/mK)	fRsi > 0,7
30 cm	0,154	0,911	0,115	0,911
36 cm	0,138	0,919	0,101	0,919

2.3 Isolation acoustique

Le procédé constructif HEMPRO peut satisfaire à la réglementation en matière d'isolement contre les bruits de l'espace extérieur.

En effet la mesure de simulation réalisée grâce au logiciel ACOUS STIFF donne les valeurs suivantes :

- Bloc de 30cm : 42(-1 ; -5) dB *
- Bloc de 36cm : 44(-1 ; -6) dB *

(*mesures réalisées avec un enduit une face)

NB : Ce rapport s'appuie sur les mesures initiales documentées dans les PV suivants :

Mesure de l'affaiblissement acoustique bloc épaisseur 12cm enduit 1 face

Mesure de l'affaiblissement acoustique bloc épaisseur 15cm enduit 2 faces

Les PV de mesure acoustique et rapport de calcul ACOUS STIFF sont en annexe 2.3

De plus des essais complémentaires ont été réalisés au CSTB dans le cadre de la démarche d'Atex et ils confirment ces mesures :

Rapport d'essais n° AC22-12719 réalisé sur un murs HEMPRO 36 avec ou sans enduits

Bloc de 36cm sans enduit : Rw 17 (0 ;-3)

Bloc de 36cm avec enduit PCS 1 face : Rw 43 (0 ; -2)

Enfin des mesures de caractérisation acoustique des produits ISOHEMP ont été réalisés dans le cadre de ce même dossier AC22-2719 intitulé Estimation des performances acoustiques des murs en chanvre, et repris dans l'annexe 2.3. Ces valeurs caractéristiques permettent d'envisager des simulations et calculs dans les outils logiciels spécialisés.

A noter que les résultats des tests acoustiques réalisés au sein du CSTB ont été intégrés au logiciel AcouBAT By CYPE, dans la catégorie des produits de marque. AcouBAT By CYPE est un outil de calculs prévisionnels des performances acoustiques d'un bâtiment à partir des performances des produits.

MC

Ce logiciel comporte une base de données de « produits traditionnels » et une base de données de « produit de marque ».

Bruits de chocs

Toutes les performances du bloc ont été définies via les tests acoustiques du CSTb (Rw(C ;C_{tr})) sur base de ces caractéristiques produit, les DnTa sont à déterminer par un bureau d'acoustique en fonction de la configuration du chantier prévu.

2.4 Stabilité

Un essais de contreventement a été réalisé au CSTB sur base d'un mur de blocs de 30cm non enduits, confiné dans un cadre complet en béton armé.

Les poteaux ont été réalisés dans des blocs percés, la poutre de tête dans les blocs U.

Les résultats sont repris dans le rapport RE EEM N°22-12719_A en annexe 2.4 , on constate que la maçonnerie ISOHEMP non portante n'est pas contrevenante mais qu'il n'y a aucune chute d'éléments.

Caractérisation des produits :

Une série d'essais de caractérisation mécanique des blocs a été réalisée au CSTB.

La synthèse des résultats est reprise dans le rapport RE_EEM-22-12719-C-1 repris en annexe 2.4.

2.5 Durabilité des blocs

Les blocs de chanvre ISOHEMP prévus en façade ne sont pas prévus pour être laissés apparents. Ils doivent obligatoirement être protégés des intempéries par un revêtement étanche à l'eau mais perméable à la vapeur d'eau.

A titre d'information produit, des essais de performance des produits sur base de méthodes d'essais d'approche de maçonnerie ont été réalisés au CSTB:

NF EN 772-18	Août 2011	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie - Partie 18 : Détermination de la résistance au gel/dégel des éléments de maçonnerie en silico-calcaire
NF EN 772-14	Octobre 2002	Méthode d'essai des éléments de maçonnerie – Partie 14 : Détermination de la variation dimensionnelle due à l'humidité des éléments de maçonnerie en béton de granulats et en pierre reconstituée

Les résultats sont repris dans le rapport EEM 22-12719/C et repris en annexe 2.4.

Pour les cycles gel / dégels, début des dégradations d'éprouvettes après 5 cycles complets.

2.6 Sécurité à l'usage et Fixations

- **Fixations**

MC

Le procédé constructif HEMPRO permet la fixation d'objets sur le mur en bloc de béton de chanvre. Des essais ont été réalisés par le CSTC (Buildwise) en date de 2016. « Essais de résistance axiale (traction) et transversale de fixation pour objet dans les blocs de chanvre ».

Le rapport d'essais du CSTC (Buildwise) est repris en Annexe 2.5

Concernant les charges admissibles sur les fixations et tenant compte du Cahier CSTB 1661 V2, nous réalisons les calculs sur base de la valeur la plus faible.

Nous obtenons une valeur de résistance à l'état limite de 20 daN dans l'axe de la vis (H)

Pour le cisaillement (V) nous obtenons une résistance à l'état limite de 22.7 daN .

Ces données ont été prises en compte dans les notes de calcul utilisées pour les fixations de menuiseries notamment.

- **Résistance aux chocs**

ISOHEMP dispose d'un essais réalisé au CSTB (n° DSSF 23-21946) concernant le comportement aux chocs sur mur de maçonnerie en béton de chanvre suivant norme P 08-302, et repris en annexe 2.4

L'essais a été réalisé sur un mur de hauteur 3m et de longueur 3.625m en HEMPRO 30cm.

Le résultats du comportement du mur aux chocs mous (900 Joules) et aux chocs durs (bille de 1000g) est vérifié :

Pas de perforation de la paroi aux chocs durs.

Aux chocs mous, l'ouvrage n'est ni traversé ni emporté, il n'y a aucune production de débris ou d'éléments dangereux à l'extérieur, l'intégrité structurelle des parois est conservée.

2.7 Hygiène et Santé

2.7.1 Résistance à l'humidité extérieure, étanchéité et risque de condensation :

L'étanchéité à l'eau des murs de façade peut être assurée moyennant le respect des conditions d'exposition définies à l'article 3.2 de la partie 3 du DTU 20.1.

De plus la façade en chanvre est prévue pour être revêtue et protégée de la pluie (Enduit, bardage, parement etc..)

Le bloc de chanvre doit être protégé des remontées capillaires et de la migration de l'eau liquide.

Du point de vue du comportement des blocs de chanvre vis-à-vis de l'absorption d'eau, un essai de sorption d'eau suivant la norme EN ISO 12571 a été réalisé.

D'autre part des essais de caractérisation de l'absorption capillaire ont été réalisés suivant la méthode la norme EN 772-11 :

- Taux initial d'absorption – face de pose après 1 min : 41,6 g/m²s

- Coefficient d'absorption – face de pose après 10 min : 6,9 g/m²s (168 g/m²s0.5)

MC

- Coefficient d'absorption – face vue après 10 min : 4,1 g/m²s (100 g/m²s0.5)

Le bloc de chanvre permet de concevoir des façades respirantes, avec un facteur de diffusion de la vapeur d'eau (μ) égal à 2,8. Grâce à cette grande perméabilité à la vapeur d'eau, il joue le rôle de tampon hydrique et offre un climat intérieur constant et sain et convient parfaitement aux pièces humides ou les pièces dans lesquelles les variations du taux d'humidité sont importantes.

ISOHEMP dans le cadre de l'accompagnement des projets est en mesure de simuler les comportements hydriques des parois, et dispose notamment des données météorologiques nécessaires sur l'ensemble de la France métropolitaine.

2.8 Environnement

Une analyse du cycle de vie des blocs de chanvre IsoHemp réalisée dans le cadre du Projet Life Cycle in Practice (LCiP) – sous traitance GreenWin a été réalisée. L'étude a été menée par Liège Université – Faculté des Sciences Appliquées – Chemical Engineering et PEPs – Products, Environment and Processes.

La méthodologie est la suivante :

- Analyse du cycle de vie (ACV) « cradle-to-grave » selon les normes ISO 14040:2016 et 14044:2016. Caractérisation selon la norme EN 15804.
- Analyse réalisée à l'aide du logiciel Simapro 8.5.0 software (2018) (Pré-Consultant, CH) et des databases Ecoinvent 3.4 (Nov 2017) et ELCD 3.2 (Nov 2017)
- L'utilisation des ressources (consommation d'énergie primaire et eau) et des déchets ont été évaluées avec la SBK Bepalingsmethode, 20 octobre 2017 (NMD 2.1)

Le tableau synthétise les résultats de l'ACV pour les indicateurs tels que demandés pour la création des Environmental Product Declarations (EPDs).

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX Agrégation des différents modules pour obtenir un "Total cycle de vie"					
Impacts [unités]	**Étape de production** A1-A3	**Étape de construction** A4-A5	**Étape d'utilisation** B1-B7	**Étape de fin de vie** C1-C4	**Total cycle de vie**
Acidification [kg SO2 eq]	2.12E-01	3.76E-02	0	1.87E-02	2.68E-01
Eutrophisation [kg PO43- eq]	7.18E-02	5.84E-03	0	3.72E-03	8.13E-02
Réchauffement global (GWP100a) [kg CO2 eq]	-9.63E+01	1.71E+01	0	3.81E+00	-7.54E+01
Création d'ozone photochimique [kg C2H4 eq]	1.85E-02	2.77E-03	0	7.50E-04	2.21E-02
Déplétion ozonique (ODP) [kg CFC-11 eq]	7.68E-06	1.82E-06	0	9.81E-07	1.05E-05
Épuisement des ressources abiotiques [kg Sb eq]	1.28E-04	2.56E-05	0	6.43E-06	1.60E-04
Épuisement des ressources fossiles [MJ]	1.08E+03	1.79E+02	0	8.14E+01	1.34E+03

Synthèse des impacts environnementaux des blocs de chanvre IsoHemp (1m³) sans durée de vie. Source : Liège Université

Sur la Base INIES, la fiche FDES existe pour les blocs de chanvre (Partie Gros Œuvre), pour l'appréciation générique. C'est cette fiche qui est utilisable à ce jour pour l'appréciation des projets sur base des blocs de chanvre. Les données sont cohérentes avec les caractéristiques du produit.

MC

La FDES ISOHEMP afférente à l'analyse du cycle de vie de la gamme sera réalisée et enregistrée sur la base INIES sans doute courant 2024.

Le document ACV est repris en annexe 2.8

MC