



# Guide de conception

Nouvelle construction  
en Hempro





# Sommaire

<b>1.</b>	<b>Introduction</b>	<b>p.5</b>
1.1	Introduction	p.5
1.2	Généralités	p.5
1.3	Charges et résistance	p.6
1.4	Thermique	p.6
<b>2.</b>	<b>Matériaux constituant le système constructif HEMPRO 36</b>	<b>p.7</b>
2.1	Les blocs pleins	p.7
2.2	Les blocs percés	p.7
2.3	Les blocs U	p.8
2.4	Le mortier colle	p.8
2.5	Le béton	p.9
2.6	L'armature	p.12
<b>3.</b>	<b>Conception géométrique.</b>	<b>p.13</b>
3.1	Disposition des blocs en plan.	p.13
3.2	Disposition des blocs en élévation.	p.14
<b>4.</b>	<b>Types de fondations sous Hempro</b>	<b>p.15</b>
4.1	Plots sous les poteaux Hempro	p.15
4.2	Longrines	p.17
4.3	Radiers	p.19
<b>5.</b>	<b>Sections des poutres dans Hempro</b>	<b>p.21</b>
5.1	Généralités	p.21
5.2	Sections possibles	p.21
5.3	Abaque de portée	p.22



# 1. Introduction

## Guide de conception

### 1.1 Introduction

**Hempro est un système constructif moderne et ingénieux, il est composé d'une enveloppe thermique et acoustique en blocs de chanvre ainsi que d'une structure portante poteaux - poutres en béton armé confinée à l'intérieur de cette enveloppe. Ce système constructif est simple d'application, de conception et est entièrement respectueux de l'environnement.**

L'enveloppe se construit à l'aide de blocs de 36 cm d'épaisseur par collage et empilement comme une maçonnerie traditionnelle. Des blocs percés et des blocs en U sont insérés pour réaliser, respectivement, le coffrage "dit perdu" des colonnes et des poutres.

Grâce à sa légèreté et son grand format, seulement 8.3 blocs par m<sup>2</sup>, cette maçonnerie permet aux maçons de réduire de façon non négligeable le délai de construction du bâtiment.

Ce système constructif supprime les ponts thermiques grâce aux éléments percés et en U, il assure le respect des normes thermiques en vigueur.

De part la composition du béton de chanvre ce système constructif en fait le mode de construction le plus respectueux de l'environnement tout en conservant la tradition du maçon.

Le système constructif Hempro permet de modifier ultérieurement et aisément le bâtiment sans devoir réaliser de gros travaux fastidieux sur la structure portante.

Dans un souci constant du respect de l'environnement, il a été étudié pour réaliser une déconstruction et un recyclage de tous les matériaux dans plus d'un siècle après la construction du bâtiment.

Ce système constructif moderne garanti également le maintien du bâtiment en cas d'accident sismique.

### 1.2 Généralités

Le système Hempro est un système constructif qui respecte toutes les attentes techniques attendues par les normes avec la particularité de respecter l'environnement. La teneur en carbone biogène des produits est de -17,9 kg/m<sup>2</sup> de maçonnerie pour le système constructif en blocs de 36 cm (suivant la norme EN 15804 :2012+A2 :2019). La durée de vie des blocs est estimée à 60 ans dans la référence TOTEM (Belgique), bien que celle-ci soit effectivement plus longue et puisse atteindre 150 ans. Un des gros avantages du système est qu'il peut être déconstruit en fin de vie et être totalement recyclé. La séparation des matériaux qui constituent l'enveloppe du bâtiment est aisée et ne nécessite pas d'opération spéciale de déconstruction. Du fait de sa structure portante confinée dans l'épaisseur de la maçonnerie toutes transformations sont simples et ne nécessitent aucune reprise structurelle.

Retrouvez toutes les fiches techniques propres aux blocs de chanvre sur [www.isohemp.com](http://www.isohemp.com) ou en fin de cet ouvrage.

### 1.3 Charges et résistance

Les blocs IsoHemp ont une résistance à la compression > 0.22 Mpa et ce, suivant la norme EN 772-1. La maçonnerie ne peut être considérée comme portante. Les charges seront reprises par la structure poteaux-poutres confinée dans l'épaisseur de la maçonnerie en blocs de chanvre.

### 1.4 Thermique

La valeur  $\lambda$  du matériau est de 0,071 w/mK suivant la norme EN 12664. La paroi seule en Hempro 36 a une résistance thermique de 5.07 m<sup>2</sup>K/w et satisfait la réglementation en vigueur. Il est possible d'augmenter cette dernière par l'interposition complémentaire de blocs de la gamme IsoHemp. Ci-joint un tableau reprenant les valeurs R pour d'autres compositions.

	Bloc 30cm	Bloc 36cm	Bloc 36+9cm	Bloc 36+12cm	Bloc 36+15cm	Bloc 36+20cm	Bloc 36+25cm
Épaisseur du mur	33cm	39cm	48cm	51cm	54cm	59cm	64cm
Valeur R du mur	4,427 m <sup>2</sup> K/W	5,272 m <sup>2</sup> K/W	6,539 m <sup>2</sup> K/W	6,962 m <sup>2</sup> K/W	7,384 m <sup>2</sup> K/W	8,089 m <sup>2</sup> K/W	8,793 m <sup>2</sup> K/W
Valeur U du mur	0,226 W/m <sup>2</sup> K	0,19 W/m <sup>2</sup> K	0,153 W/m <sup>2</sup> K	0,144 W/m <sup>2</sup> K	0,135 W/m <sup>2</sup> K	0,124 W/m <sup>2</sup> K	0,114 W/m <sup>2</sup> K
	BASSE ET TRÈS BASSE ÉNERGIE				PASSIF		

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

## 2. Matériaux constituant le système constructif Hempro

### Guide de conception

#### 2.1 Les blocs pleins

Le système se compose de blocs pleins avec tenons & mortaises. Ces blocs sont collés à l'aide d'un peigne de 9 cm pour réaliser deux bandes de mortier-colle disposées de part et d'autre de l'épaisseur du bloc. Les blocs IsoHemp ne sont pas porteur, ils seront complétés par des blocs percés et des blocs U afin de réaliser, respectivement, les poteaux et les poutres.



#### 2.2 Les blocs percés

Ces blocs sont insérés dans la maçonnerie afin de réaliser un coffrage dit perdu pour la réalisation des poteaux. Il est important de bien respecter les qualités de béton et la fluidité prescrites par le bureau d'études du projet.

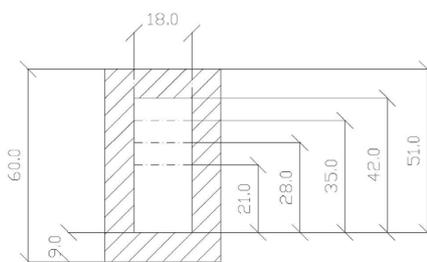
Les sections de béton pour les poteaux sont :

- 18x18 cm (bloc percé).
- 18x27 cm (bloc percé recoupé).
- 18x42 cm (bloc U à l'horizontal).



## 2.3 Les blocs U

Ces blocs sont coupés aux bonnes dimensions des poutres afin de réaliser le coffrage de ces dernières. Il est important de bien respecter les qualités de béton et la fluidité prescrites par le bureau d'études du projet. Ces éléments devront être étayés durant le coulage du béton dans les coffrages. Il est important de manutentionner ces blocs avec beaucoup d'attention vu le peu de matière qui constitue ce dernier.



## 2.4 Le mortier-colle

Le mortier-colle ou colle de montage sera gâché suivant les recommandations inscrites sur le sac. Cette colle sera appliquée à l'aide d'une truelle à colle de la marque IsoHemp adaptée aux blocs de chanvre.





## 2.5 Le béton

Lors d'une étude de stabilité, le bureau d'études décrit les caractéristiques des matériaux à mettre en œuvre sur le chantier. Le béton n'échappe pas à la règle, on trouve ces caractéristiques sur les plans de stabilités et généralement au droit du cartouche des plans concernés.

<b>Remarques :</b>		
Les plans d'architecture utilisés pour le calcul sont ceux datés du : <u>02/02/2021</u>		
Toutes les données de ce plan sont à mettre en corrélation avec les plans d'architecture.		
Ce plan n'engage IsoHemp qu'en ce qui concerne les dimensions des ouvrages résultant de nos calculs de stabilité.		
En cas de contradiction avec les bordereaux, le plan fait foi.		
Toutes les cotes sont à vérifier sur chantier par l'entrepreneur avant toute exécution.		
Tous les plans de poses sont à soumettre à l'ingénieur pour approbation.		
Toutes les fiches techniques des matériaux sont à soumettre à l'ingénieur pour approbation.		
Les cotes et mesures sont données à titre indicatif et sont à contrôler sur site en corrélation avec les plans d'architecture.		
Portance supposée du sol, à confirmer par essais géotechniques: 0,06 MPa		
<b>Caractéristiques des matériaux :</b>		
<b>Maconneries</b>		
Blocs de béton fibré:	8.0 MPa	
Mortier fm:	10.0 MPa	
<b>Betons coulés en place</b>		
Béton de fondation:	C30/37	Aciers pour béton armé fyk: 500 MPa
Béton de structure:	C25/30	Acier de structure: S235
		Bois pour ferme préfab.: C22
		Voir plans
<b>Charges de calculs:</b>		
Toiture:		
Charges permanentes :	0.99 kN/m <sup>2</sup> (y compris PP)	Plancher couvrant +1 : 0.56 kN/m <sup>2</sup> (y compris PP)
Charges d'exploitation :	0.20 kN/m <sup>2</sup>	Charges d'exploitation : 2.00 kN/m <sup>2</sup>
Charges de neige :	0.29 kN/m <sup>2</sup>	
Charges photovoltaïque :	0.20 kN/m <sup>2</sup>	
Vitesse de référence du vent : (25m/sec) : rugosité IIIa		
Plancher couvrant rez :		
Charges permanentes :	4.40 kN/m <sup>2</sup> (y compris PP)	
Charges d'exploitation :	2.00 kN/m <sup>2</sup>	
<b>Indices</b>	<b>Dates</b>	<b>Modifications</b>
<b>ETUDE DE STABILITE</b>		

Généralement on y spécifie la classe de résistance, la classe d'exposition, la classe de consistance ainsi que le calibre maximum du plus gros granulats.

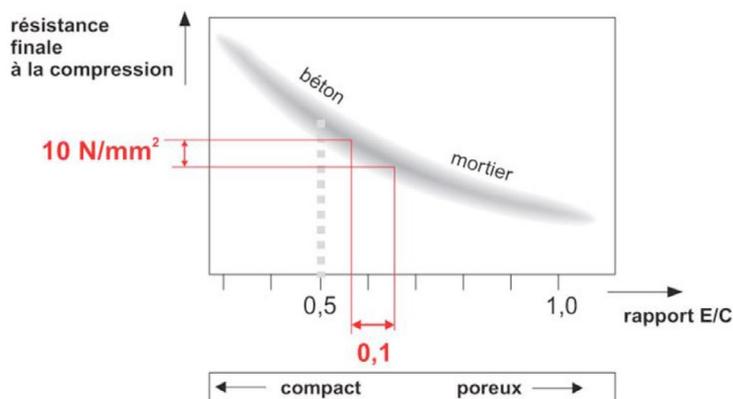
### La classe de résistance



La classe la plus utilisée est le C25/30, cela veut dire une résistance caractéristique à la compression sur cube de 30 N/mm<sup>2</sup> ou une résistance caractéristique sur cylindre de 25 N/mm<sup>2</sup>. Cette classe est conseillée pour le bétonnage des poutres, des colonnes, des planchers et autres éléments armés. La fabrication du béton n'est pas une simple recette constituée de ciment, d'agrégats et d'eau.

Tous ces composants doivent être mélangés judicieusement et suivant certaines règles, ceci pour garantir la classe de résistance. **La façon la plus simple d'obtenir un béton correct est l'utilisation de béton prêt à l'emploi fabriqué en centrale.**

Il faut porter une grande attention au rapport E/C, qui représente la quantité d'eau (exprimée en kg) sur la quantité de ciment (exprimé en kg). Pour rappel un litre d'eau représente 1 dm<sup>3</sup> et à une masse de 1kg. Ce rapport ne peut excéder une valeur de 0,5. Une légère fluctuation de ce rapport peut faire perdre beaucoup de résistance. Le diagramme ci-dessous nous montre qu'une différence de 0,1 sur ce rapport fait perdre 10 N/mm<sup>2</sup> de résistance sur la classe de béton.



Un béton de classe C25/30 doit avoir une teneur minimale en ciment de 320 kg/m<sup>3</sup>. Un dépassement de 0,1 sur le rapport signifie que l'on a mis 32 litres d'eau de trop pour 1 m<sup>3</sup> de mélange.

## La classe d'exposition

Définit l'environnement dans lequel un béton sera réalisé, il peut exercer une influence sur sa composition et sa résistance. Dans le cas qui nous occupe, le béton sera dans un environnement sec.

## La classe de consistance

Les classes de consistance sont mesurées selon le test au cône d'Abrams. Elles correspondent à une caractéristique du béton frais. Ces différentes classes permettent de mesurer la fluidité du béton et d'ajuster le dosage. Afin de conserver le rapport E/C, il est recommandé d'ajouter un fluidifiant au béton frais. Celui-ci a pour propriété de rendre le béton plus liquide sans ajouter de l'eau. Il se présente sous forme liquide, et s'ajoute lors du malaxage du béton (dans la bétonnière). Selon le produit, l'ajout s'effectue par simple versement ou après dilution du produit dans l'eau de gâchage (se conformer aux indications du produits).





## Le calibre maximum du plus gros granulat

Nous conseillons un calibre maximum de 10 mm, en effet l'enrobage des armatures dans les éléments HEMPRO 36 est de 15 mm. En béton armé, il est conseillé d'avoir un enrobage minimum de 1.5 x le plus gros granulat. On optera pour un granulat de 7 ou 10 mm maximum.

## Types de fabrications du béton



Bien que la meilleure solution soit **un béton de centrale**, on peut comprendre que les quantités soient parfois faibles et que cette solution soit peu aisée voir parfois couteuse.



**Une deuxième solution consiste à acheter des sacs de béton sec prêt à l'emploi.** Ceux-ci doivent être gâchés à l'aide de la quantité d'eau prescrite par le fabricant, cette valeur est généralement inscrite à l'arrière du sac. L'entrepreneur gâchera le mélange par petite quantité sur le chantier à l'aide d'une bétonnière. Un fluidifiant est nécessaire afin de garantir l'état liquide du béton, on veillera particulièrement à respecter les prescriptions du fabricant du béton mais également du fabricant du fluidifiant.

**La troisième solution consiste à commander, en centrale, un béton sec.** Celui-ci sera acheminé par plus faible quantité sur chantier. Le centraliste indiquera sur le bon la quantité d'eau à ajouter au volume fournis. L'entrepreneur gâchera le mélange par petite quantité sur le chantier à l'aide d'une bétonnière tout en respectant le volume d'eau à incorporer. Un fluidifiant sera également nécessaire pour rendre le béton plus liquide.

**Prenons un exemple:**

**Un entrepreneur se fait livrer 1.5 m<sup>3</sup> de béton sec par une centrale, sur le bon de livraison, il est indiqué qu'il faut ajouter 120 litres d'eau.**

1,5 m<sup>3</sup> correspond à 1500 dm<sup>3</sup> soit 1500 litres de béton. Un seau de maçon a une contenance de 10 litres.

On a donc livré un équivalent de 1500/10=150 seaux.

Il faut ajouter 120 litres d'eau, soit 12 seaux.

Si l'entrepreneur verse 20 seaux de mélange dans sa bétonnière, il devra ajouter : 20 (12/150) = 1.6 seaux d'eau, un seau de 10 litres et 6 litres d'eau.



**Nous conseillons la formulation suivante pour les bétons des poteaux et des poutres :**

**Résistance :** C30/37

**Granulat maximum :** 10 mm

**Enrobage des armatures** de 15 mm de béton

**Fluidité :** S4 ou S5

## 2.6 L'armature

Les armatures sont définies aux bordereaux des aciers édités par le bureau d'études du projet. Il est important de respecter la nuance décrite aux plans de stabilité, généralement,  $f_{yk} \geq 500$  Mpa. Le système constructif HEMPRO 36 impose un enrobage de 15 mm par le béton coulé. Les prescriptions, recouvrements et positionnements décrits aux plans de stabilité doivent être scrupuleusement respectés.

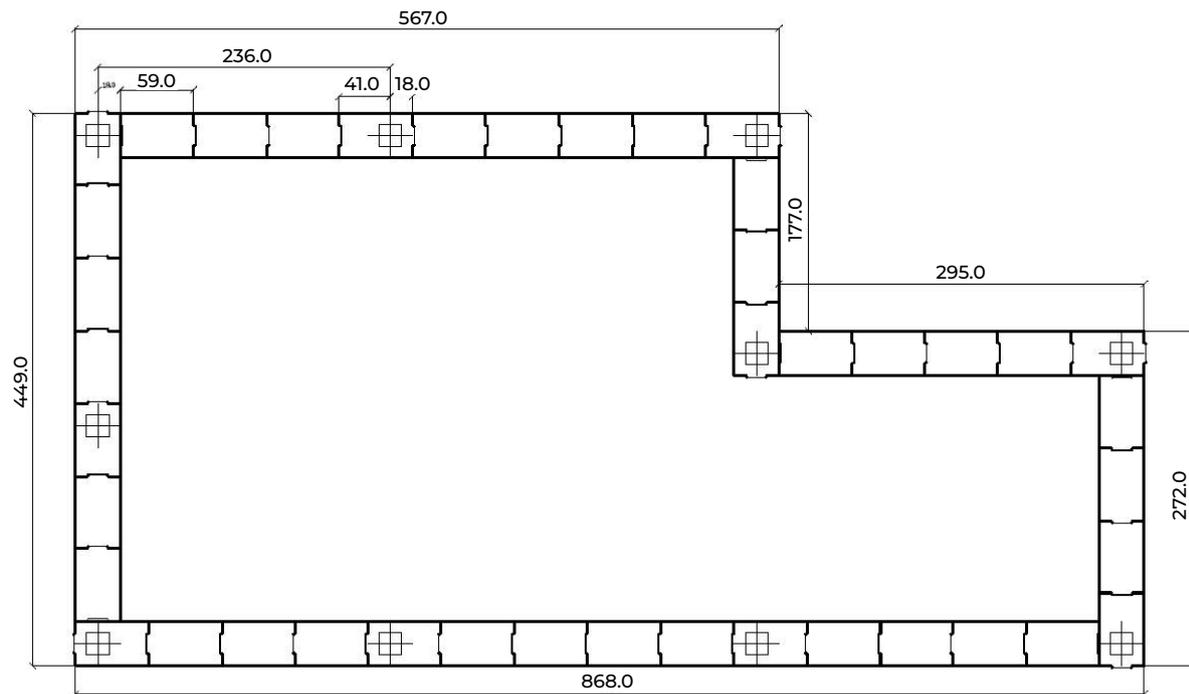


# 3. Conception géométrique

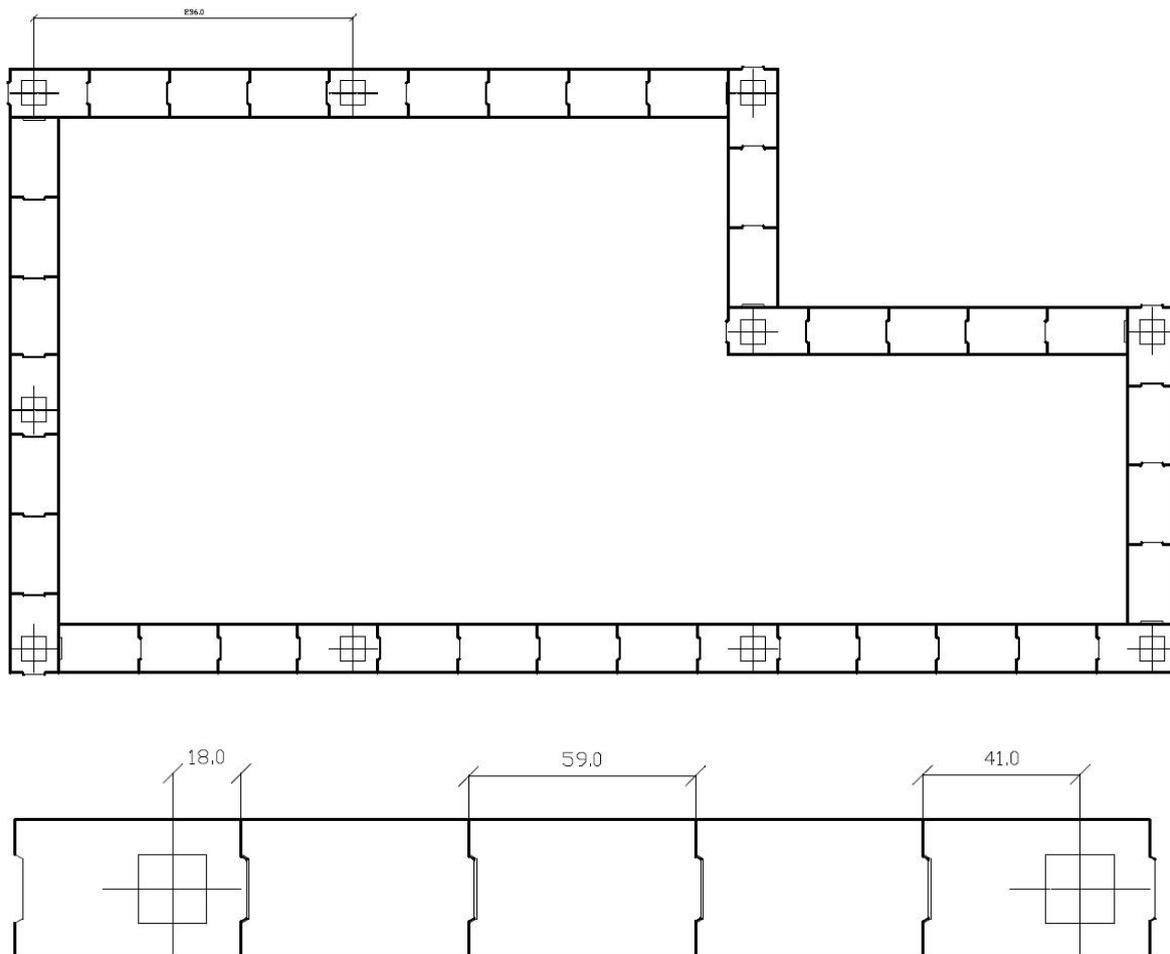
## Guide de conception

### 3.1 Dispositions des blocs en plan

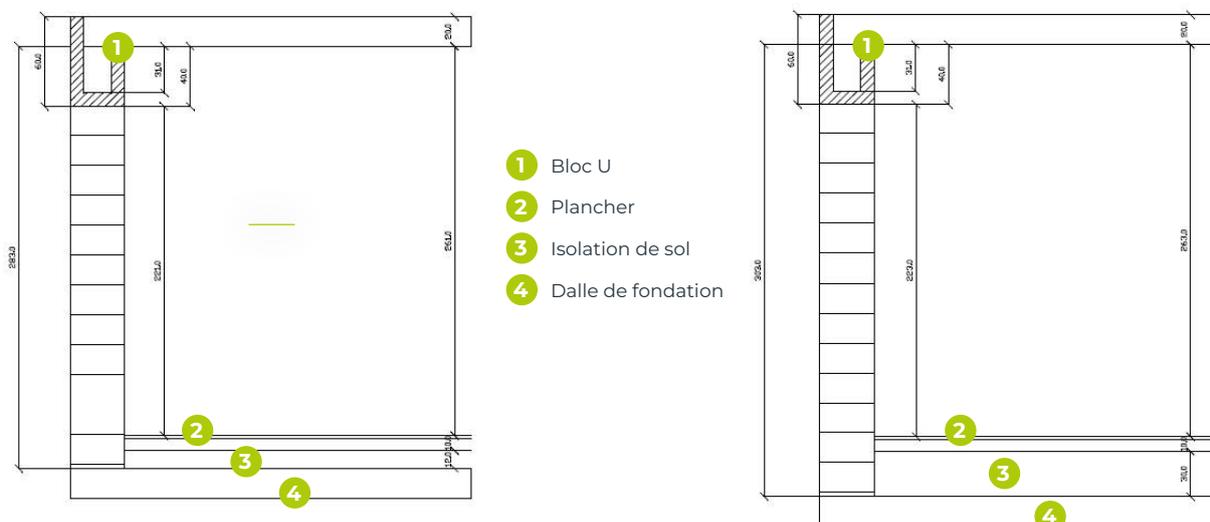
#### RANG R



## RANG R+1



### 3.2 Disposition des blocs en élévation

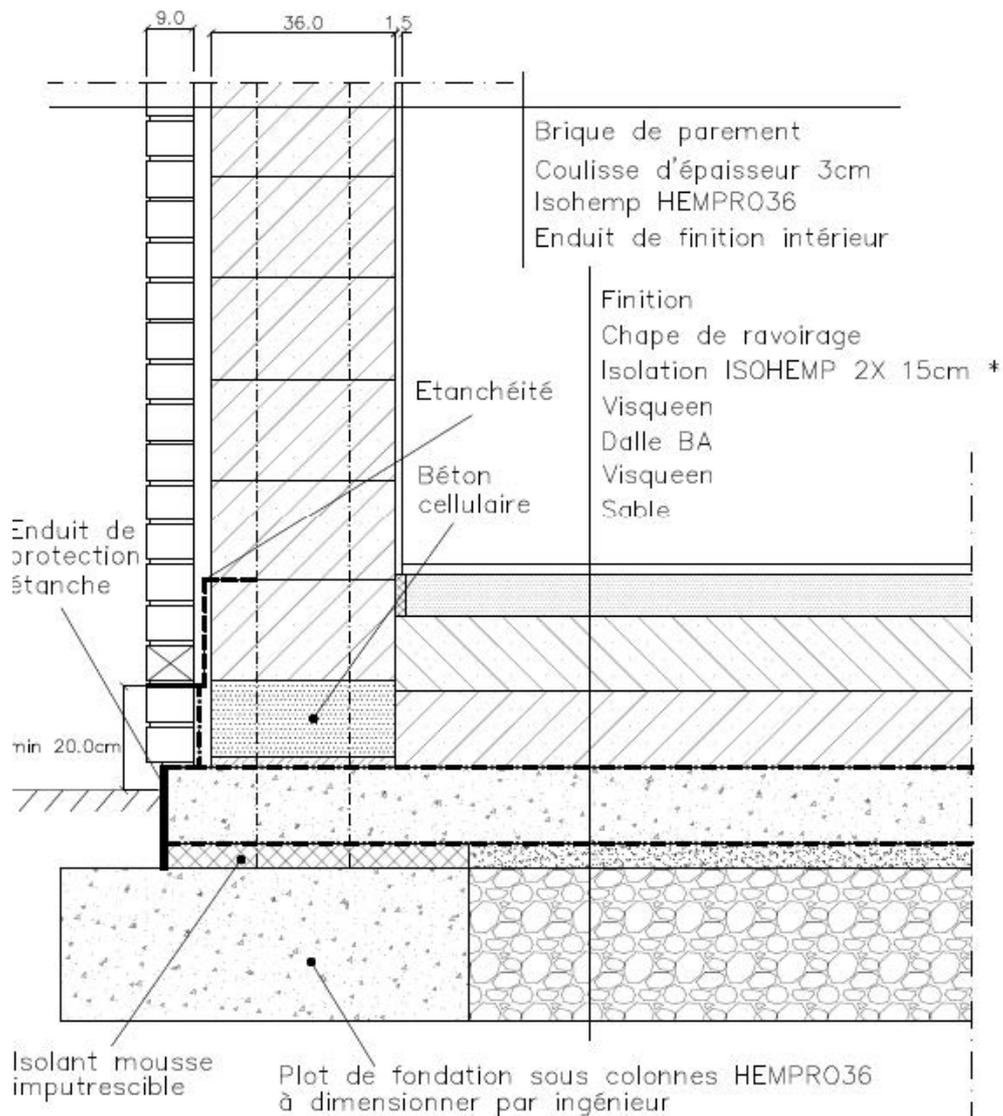


## 4. Types de fondations sous Hempro

### Guide de conception

#### 4.1 Plots sous les poteaux Hempro

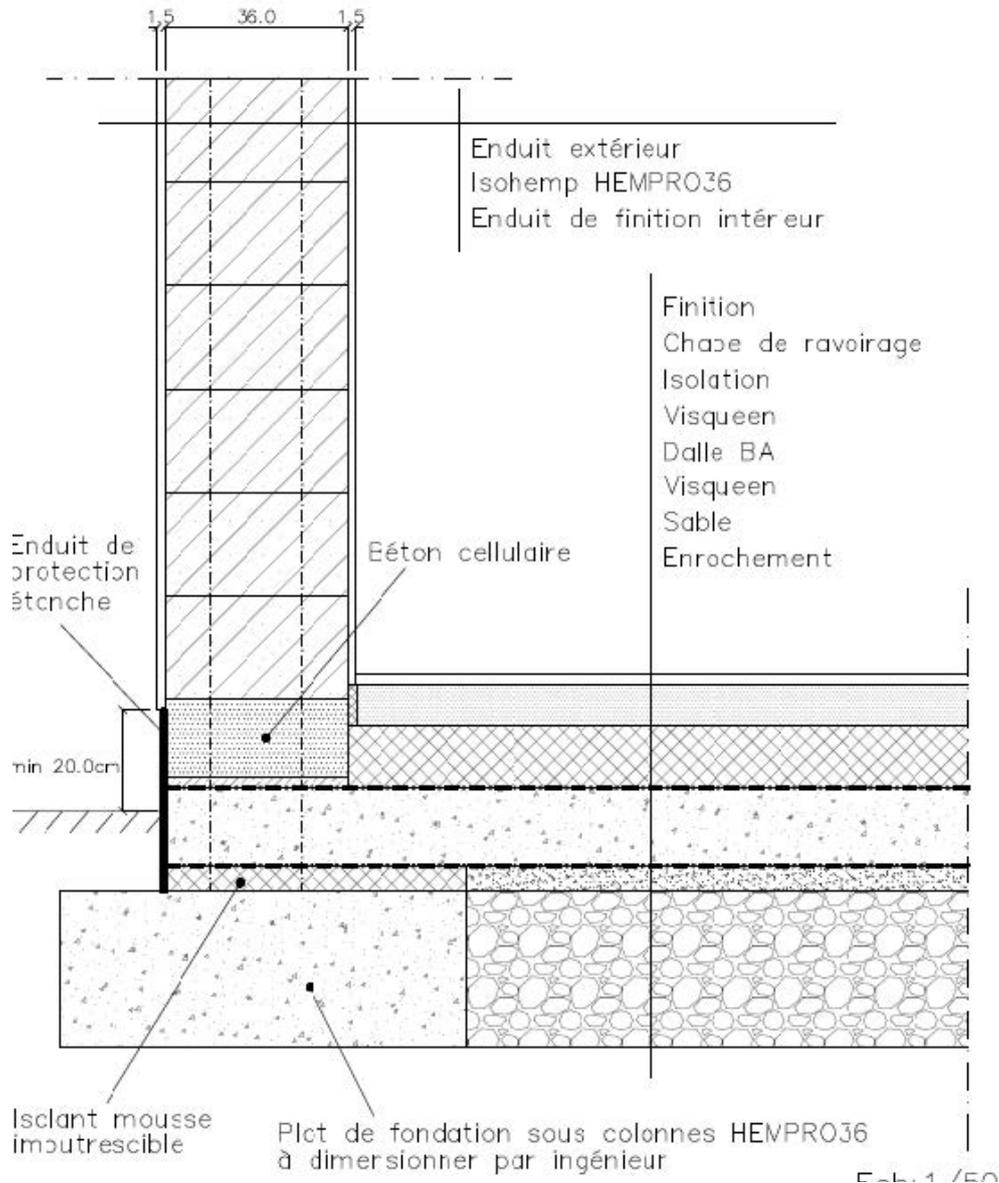
Pied de mur / plot + dalle BA / parement brique / isolation 2X15cm



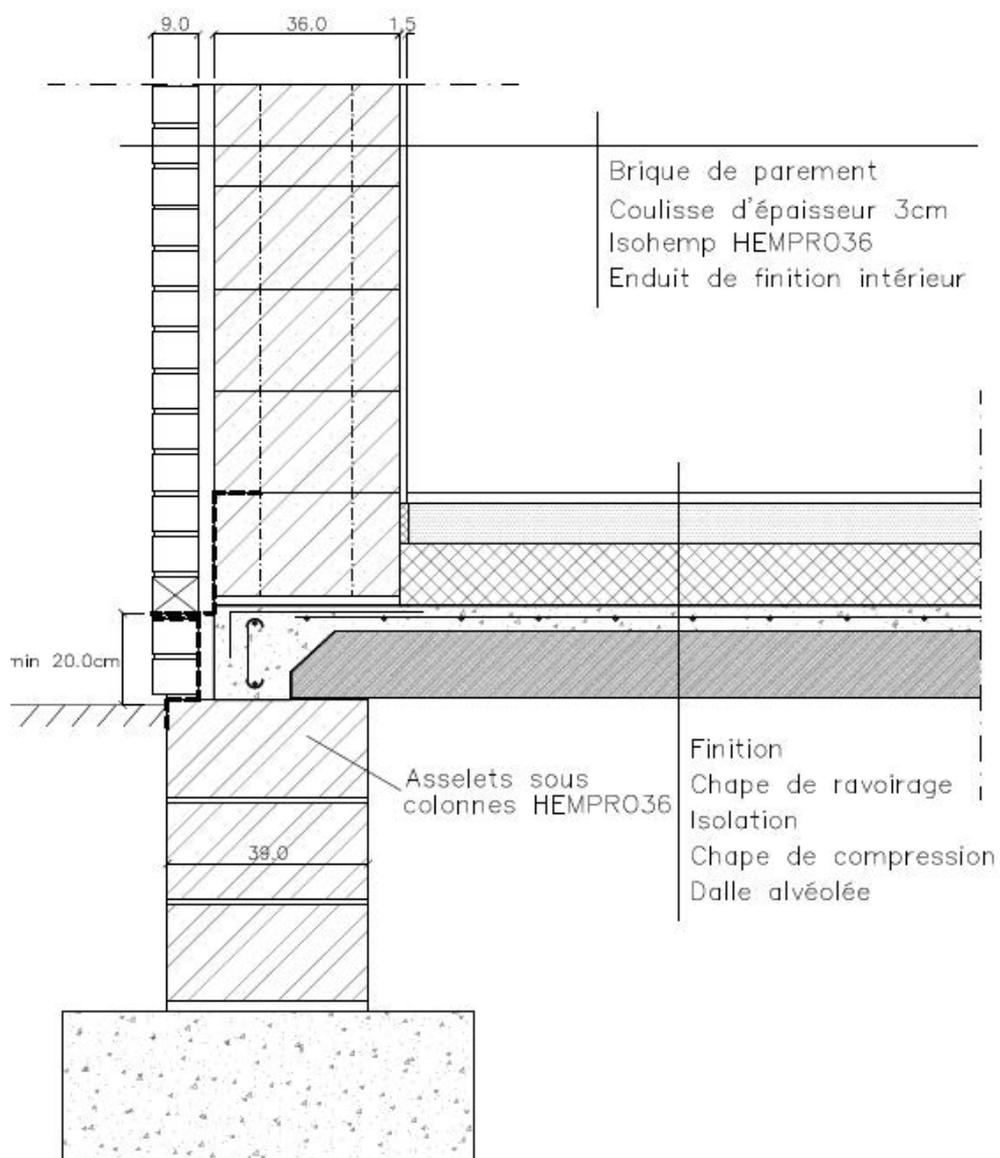
\* Il y a lieu de s'assurer que les blocs ont un degré d'humidité HR inférieur à 15 % à une température de 20 °C. Il est obligatoire de réaliser la pose de ces derniers lorsque le bâtiment est totalement hors eau.

Ech: 1/50

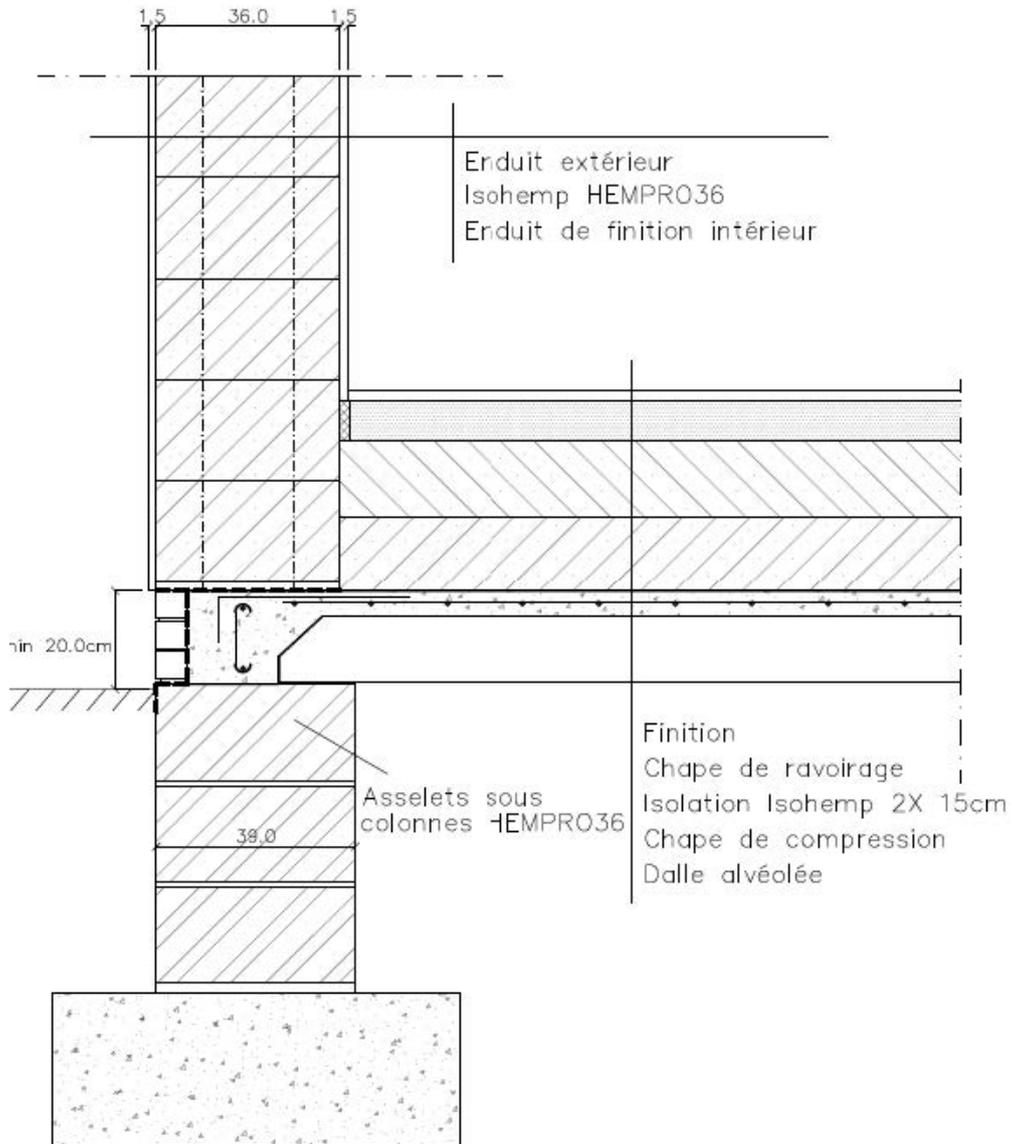
Pied de mur / plo: + dalle BA / parement Crépis / isolation autre



## 4.2 Longrines

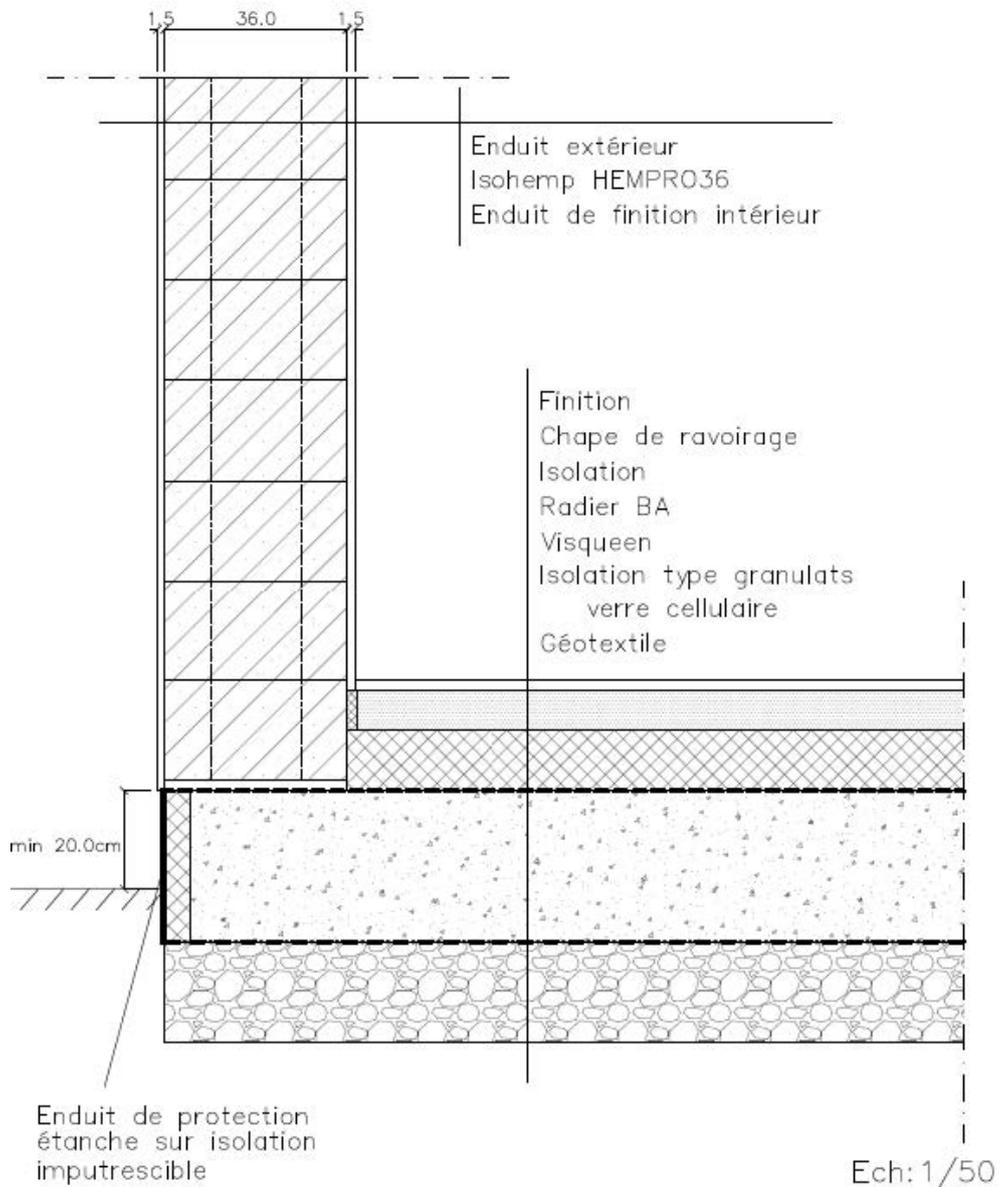


Pied de mur / sur V.V / parement Crépis / isolation 2X 15 cm

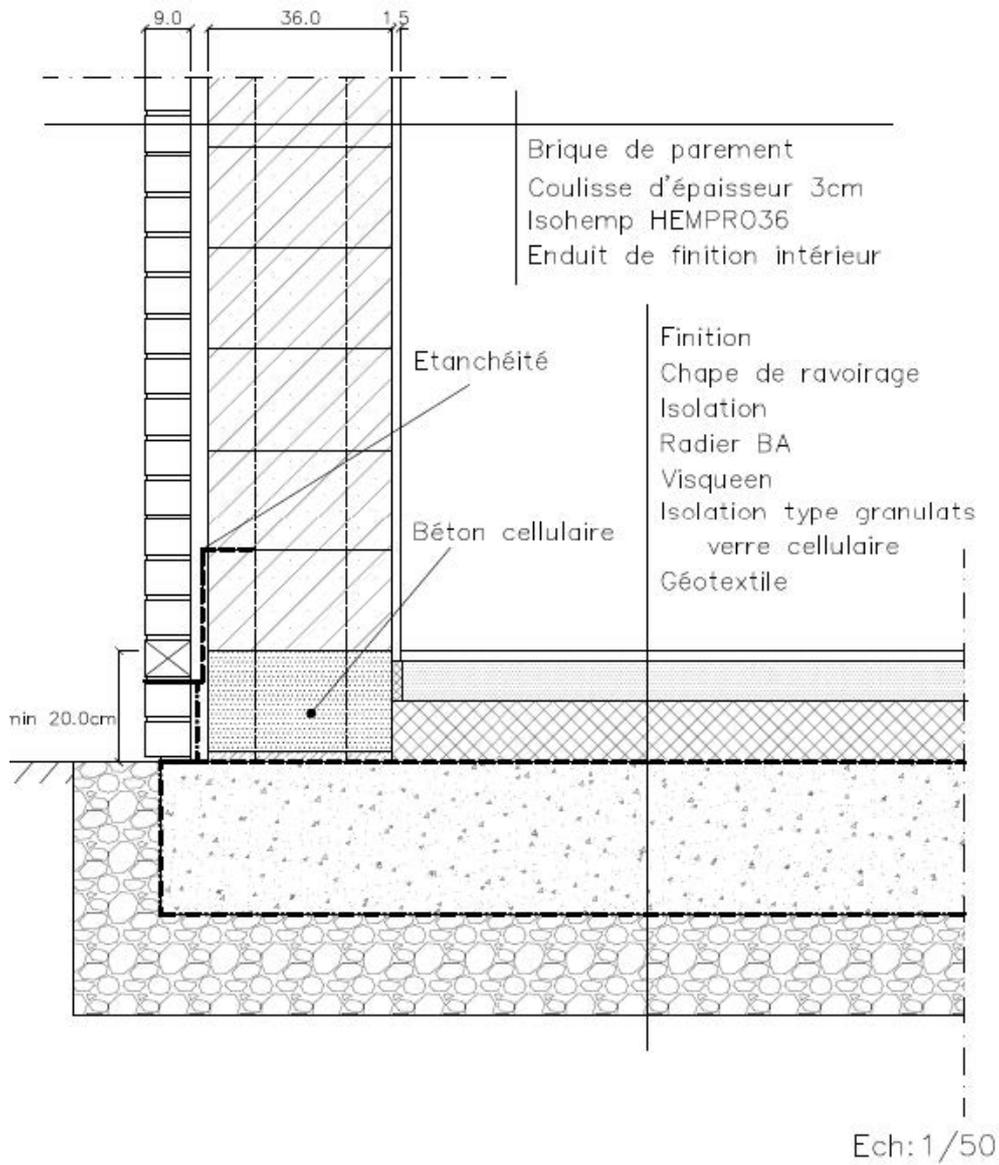


Ech: 1/50

## 4.3 Radiers



Pied de mur / radier BA / parement Brique / isolation autre



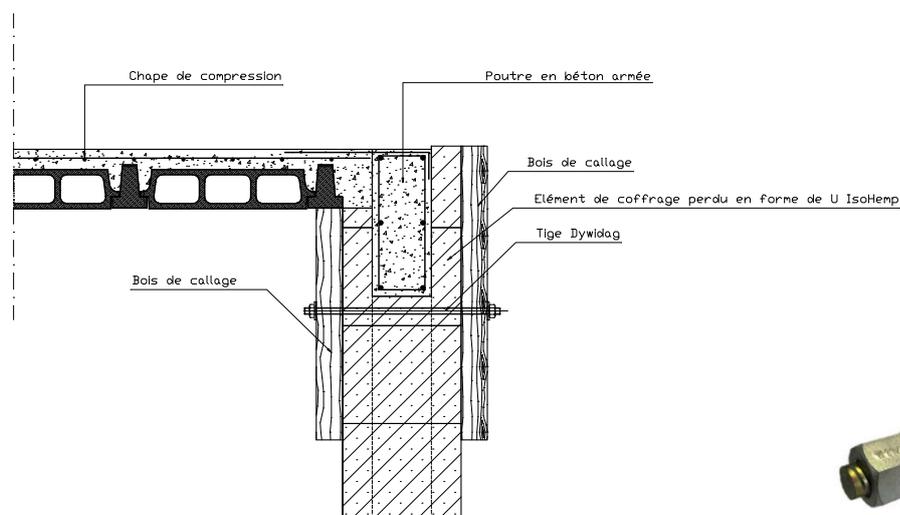
# 5. Sections des poutres dans Hempro

## Guide de conception

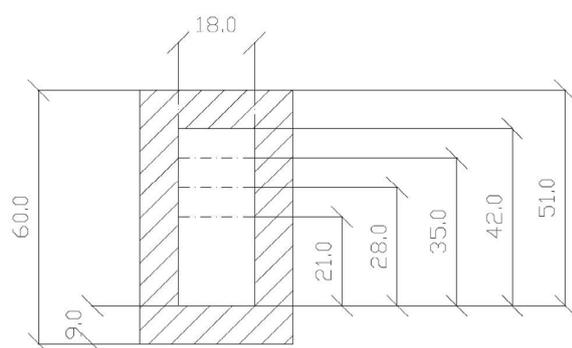
### 5.1 Généralités

Le bloc U a été spécialement conçu pour permettre l'adaptation du coffrage "dit perdu" en IsoHemp aux dimensions de la poutre en béton à réaliser.

Il est également obligatoire de maintenir les parois verticales de l'élément U lors des opérations de bétonnage. Voir schéma ci-dessous.



### 5.2 Sections possibles



#### Sections des poutres en béton armé possibles :

- 18x21 cm
- 18x28 cm
- 18x35 cm
- 18x42 cm
- 18x51 cm

### 5.3 Abaque de portées

Plancher : Hourdis BA 13+5 cm			Plancher : Hourdis BA 16+5 cm			Plancher : Poutrelle Hourdis bois 12+4 cm		
Portée max. (m) : 4,80			Portée max. (m) : 5,60			Portée max. (m) : 4,30		
Charge admissible sur le plancher			Charge admissible sur le plancher			Charge admissible sur le plancher		
G : 5,25 kN/m <sup>2</sup>			G : 5,65 kN/m <sup>2</sup>			G : 3,35 kN/m <sup>2</sup>		
Q : 2,00 kN/m <sup>2</sup>			Q : 2,00 kN/m <sup>2</sup>			Q : 2,00 kN/m <sup>2</sup>		
C : 1,20 kN/m <sup>2</sup>			C : 1,20 kN/m <sup>2</sup>			C : 1,20 kN/m <sup>2</sup>		
Charges admissible sur la poutre HEMPRO aux ELS			Charges admissible sur la poutre HEMPRO aux ELS			Charges admissible sur la poutre HEMPRO aux ELS		
G : 15,48 kN/m			G : 19,18 kN/m			G : 9,79 kN/m		
Q : 4,80 kN/m			Q : 5,60 kN/m			Q : 4,30 kN/m		
Portée entre colonnes (m)			Portée entre colonnes (m)			Portée entre colonnes (m)		
Deux appuis		Plusieurs appuis	Deux appuis		Plusieurs appuis	Deux appuis		Plusieurs appuis
240	21	21	240	28	28	240	21	21
260	28	21	260	28	28	260	28	21
280	28	28	280	28	28	280	28	28
300	28	28	300	35	28	300	28	28
320	35	28	320	35	28	320	35	28
340	35	28	340	35	28	340	35	28
360	35	35	360	35	35	360	35	35
380	35	35	380	35	35	380	35	35
400	42	35	400	42	35	400	42	35
420	42	35	420	42	35	420	42	35
440	42	35	440	42	35	440	42	35
460	42	42	460	42	42	460	42	42
480	42	42	480	51	42	480	42	42
500	51	42	500	51	42	500	51	42
520	51	42	520	51	42	520	51	42
540	51	42	540	51	51	540	51	42
560	51	42	560	51	51	560	51	42
580	51	42	580		51	580	51	42
600	51	51	600		51	600	51	51

Plancher : Poutrelle Hourdis bois 16+4 cm			Plancher : Dalle béton armé ép. 20 cm			Plancher : Gitage bois C24 8x23 cm tous les 40 cm		
Portée max. (m) : 5,50			Portée max. (m) : 4,50			Portée max. (m) : 4,70		
Charge admissible sur le plancher			Charge admissible sur le plancher			Charge admissible sur le plancher		
G : 3,85 kN/m <sup>2</sup>			G : 7,88 kN/m <sup>2</sup>			G : 0,80 kN/m <sup>2</sup>		
Q : 2,00 kN/m <sup>2</sup>			Q : 2,00 kN/m <sup>2</sup>			Q : 2,00 kN/m <sup>2</sup>		
C : 1,20 kN/m <sup>2</sup>			C : 1,20 kN/m <sup>2</sup>			C : 1,20 kN/m <sup>2</sup>		
Charges admissible sur la poutre HEMPRO aux ELS			Charges admissible sur la poutre HEMPRO aux ELS			Charges admissible sur la poutre HEMPRO aux ELS		
G : 13,90 kN/m			G : 17,73 kN/m			G : 4,70 kN/m		
Q : 5,50 kN/m			Q : 4,50 kN/m			Q : 4,70 kN/m		
Portée entre colonnes (m)			Portée entre colonnes (m)			Portée entre colonnes (m)		
	Deux appuis	Plusieurs appuis		Deux appuis	Plusieurs appuis		Deux appuis	Plusieurs appuis
240	28	28	240	21	21	240	21	21
260	28	28	260	28	28	260	21	21
280	28	28	280	28	28	280	21	21
300	35	28	300	35	28	300	21	21
320	35	28	320	35	28	320	21	21
340	35	28	340	35	28	340	21	21
360	35	35	360	35	35	360	28	28
380	35	35	380	35	35	380	28	28
400	42	35	400	42	35	400	28	28
420	42	35	420	42	35	420	28	28
440	42	35	440	42	35	440	28	28
460	42	42	460	42	42	460	35	35
480	51	42	480	51	42	480	35	35
500	51	42	500	51	42	500	35	35
520	51	42	520	51	42	520	42	35
540	51	51	540	51	51	540	42	42
560	51	51	560	51	51	560	42	42
580	51	51	580		51	580	42	42
600		51	600		51	600	42	42

