

**SESSION 2025**

---

**AGREGATION  
CONCOURS EXTERNE**

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR  
ET INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS**

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME,  
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 6 heures

---

*Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.*

*L'usage de tout autre ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire**

**Tournez la page S.V.P.**

A

## **BATIMENT DE LOGEMENTS COLLECTIFS L'ORMEAU**

L'opération de construction est un immeuble de 12 logements collectifs, de type R+2 avec commerces et garages au rez-de-chaussée situé à Taradeau dans le département du Var. Les logements sont de type T2 et T3.



Le classement du bâtiment :

- Commerce : ERP 5ème catégorie type M
- Office de tourisme : ERP 5ème catégorie type W
- Logements : 2ème famille

Les caractéristiques thermiques du bâtiment :

Suivant la Réglementation Thermique « RT2012 » définie par le décret n° 2010-1269 du 26 Octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions et aux exigences définies à l'article R.131-28 du code de la construction et de l'habitation et l'arrêté d'approbation de la méthode de calcul Th-BCE 2012

La zone climatique :

Zone climatique : zone climatique H3

Exposition au vent : zone 3 (suivant EUROCODE 1 NF EN 1991-1-4) Exposition à la neige : zone 3 (suivant EUROCODE 1 NF EN 1991-1-3)

Concomitance vent/pluie : zone 3, site normal

La zone sismique :

Zone sismicité 2 (sismicité faible) selon carte de zonage de 2010

L'altitude moyenne :

H à relever sur le plan topographique (page suivante)

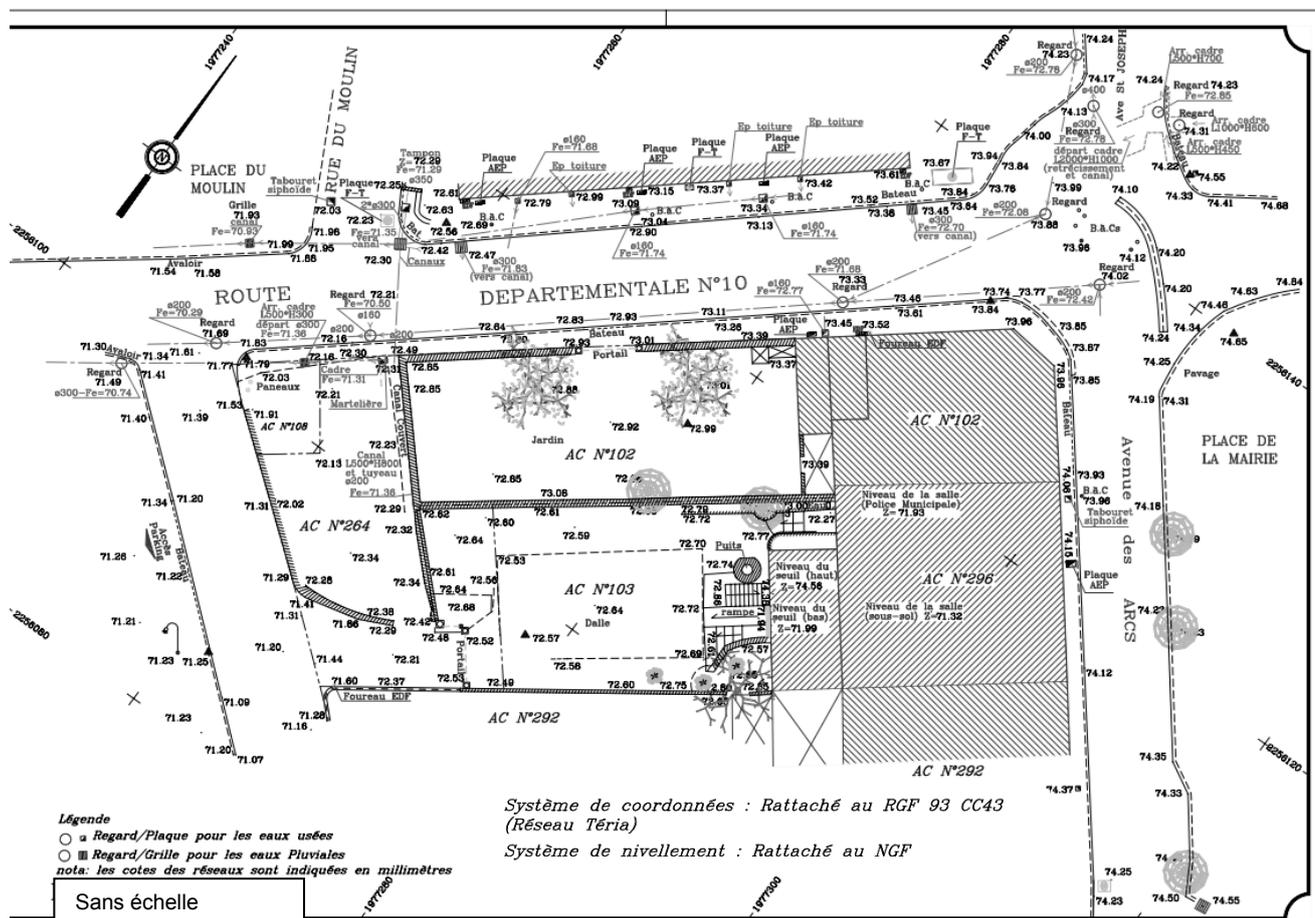


Figure 1 : plan topographique avant-projet (Sans échelle)

**Étude 1** : étude préliminaire d'expertise du point de vue du géomètre expert en vue de renseigner le maître d'ouvrage.

**Étude 2** : vérification de différentes parties de la structure porteuse conçue par le bureau d'étude conception.

**Étude 3** : étude des performances énergétiques du bâtiment ainsi que des pistes d'amélioration.

| Étude | Thèmes  | Temps Estimé |
|-------|---|--------------|
|       | Lecture du dossier – Prise en main                            | 0h10         |
| 1     | Étude de la préparation de la mission                         | 0h30         |
| 2     | Partie 1 : Étude d'une fermette bois                          | 2h40         |
|       | Partie 2 : Étude du renforcement arbalétrier B.A.             |              |
|       | Partie 3 : Étude d'un tirant                                  |              |
|       | Partie 4 : Étude du portique en béton armé avec précontrainte |              |
| 3     | Partie 1 : Performance énergétique RT2012                     | 2h40         |
|       | Partie 2 : Confort acoustique                                 |              |
|       | Partie 3 : Utilisation des énergies renouvelables             |              |

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

| Concours | Section/option | Epreuve | Matière |
|----------|----------------|---------|---------|
| EAE      | 1416A          | 103     | 1268    |

**Partie 1.1 Expertise du site**

Un expert a été désigné dans le cadre d'un référé préventif. Cette mission a pour objectif d'analyser le contexte général du site du projet avant la démolition d'un immeuble existant et en vue de réaliser le projet de construction d'un collectif de logements.

**Question 1.1.1. Analyser** l'extrait du document technique DT01 et **indiquer** quelles sont les missions de l'expert judiciaire.

L'analyse du site avant travaux passe par la consultation du service de télédéclaration des réseaux et canalisations en France, géré par l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (voir document technique DT02).

**Question 1.1.2.** Lors de cette phase de préparation, le maître d'ouvrage demande d'établir une « D.T. ». **Définir** la D.T. en indiquant les informations et avantages de ce document.

**Partie 1.2 Topographie des lieux**

Un géomètre est missionné pour réaliser la conception de la plateforme de terrassement et la voirie d'accès au bâtiment, au format IFC.

**Question 1.2.1. Détailler** les étapes depuis l'acquisition à la création d'un modèle numérique de projet pour générer la plateforme au format IFC. **Préciser** l'intérêt de ce type de format de fichier.

Pour le lever de détails, le géomètre fait intervenir plusieurs entreprises sous-traitantes qui utilisent des méthodes et matériels différents dans le système légal.

**Question 1.2.2. Préciser** le système et la projection conique conforme utilisée par le géomètre expert (voir figure 1).

Un récepteur GNSS (global navigation satellite system) a été utilisé en connexion aux réseaux permanents (en mode RTK : Real Time Kinetic) pour la détermination d'un point de référence sur le chantier. Le cahier des charges impose au géomètre d'évaluer la précision obtenue par son GNSS.

Une série de dix mesures a été effectuée sur le même point.

| Point | (x) - Coordonnée E (m) | (y) - Coordonnée N (m) |
|-------|------------------------|------------------------|
| P.1   | 1 977 280.259          | 2 226 120.425          |
| P.1   | 1 977 280.272          | 2 226 120.418          |
| P.1   | 1 977 280.243          | 2 226 120.431          |
| P.1   | 1 977 280.267          | 2 226 120.436          |
| P.1   | 1 977 280.271          | 2 226 120.429          |
| P.1   | 1 977 280.269          | 2 226 120.434          |
| P.1   | 1 977 280.258          | 2 226 120.423          |
| P.1   | 1 977 280.260          | 2 226 120.440          |
| P.1   | 1 977 280.247          | 2 226 120.438          |
| P.1   | 1 977 280.264          | 2 226 120.426          |

$$\sigma_{\text{position}} = \sqrt{\frac{\sum (E_i)^2}{n - 1}}$$

Avec  $E_i$  : écart à la moyenne

et n : nombre de mesures

Tableau 1 : série de mesures

**Question 1.2.3. Calculer** l'écart type sur la position du point de référence P.1 à partir de la série de mesures sur le document réponse DR01. **Détailler** la démarche du calcul et **donner** le résultat au millimètre près.

En complément des mesures au GNSS, le géomètre utilise une station totale Leica TS06 pour effectuer une partie du lever par rayonnement. On souhaite évaluer la précision de cet équipement avant la validation du choix de l'appareil. Les mesures ont été réalisées en mode standard avec prisme circulaire. La précision se rapporte aux mesures effectuées vers des réflecteurs standards.

| Programme de mesure<br>EDM | Ecart type ISO 17123-4 |                | Durée de mesure,<br>usuelle [s] |
|----------------------------|------------------------|----------------|---------------------------------|
|                            | TS02 / TS06            | TS09           |                                 |
| Prisme-Standard            | 1,5 mm + 2 ppm         | 1 mm + 1.5 ppm | 2.4                             |
| Prisme-Rapide              | 3 mm + 2 ppm           | 3 mm + 1.5 ppm | 0.8                             |
| Prisme-Tracking            | 3 mm + 2 ppm           | 3 mm + 1.5 ppm | < 0,15                          |
| Film                       | 5 mm + 2 ppm           | 5 mm + 1,5 ppm | 2.4                             |

Tableau 2 : caractéristiques de réflecteurs

L'écart type sur l'angle horizontal de l'appareil utilisé est de  $\pm 0,3$  mgon.

**Question 1.2.4. Calculer** « l'imprécision transversale » (ou écart type transversal) ainsi que « l'imprécision radiale » (dans le sens de la visée) sur la position d'un point rayonné situé à une distance maximum de 1,3 km. **En déduire** l'écart type sur la position du point rayonné. Sachant que le cahier des charges impose un écart type de position de 10 mm maximum, **conclure** quant au choix de la station totale.

### Partie 1.3 Contrôle du levé

En topographie, une classe de précision est utilisée pour définir la précision des mesures et des résultats obtenus lors des travaux topographiques. Les classes de précision permettent pour la planification de projets topographiques, de s'assurer que les mesures et les résultats obtenus répondent aux exigences spécifiques du projet et du maître d'ouvrage. Pour la réalisation du plan topographique de la parcelle, le client impose une classe de précision planimétrique [xx] de 20 mm. Le géomètre a choisi un échantillon de 18 points. Le tableau 3 détaille les écarts entre les coordonnées initiales de ces points et les coordonnées de ces mêmes points après un lever de contrôle effectué avec un instrument deux fois plus précis.

| N° du point | $(x_{\text{contrôle}} - x_{\text{objet}})$ en mm | $(y_{\text{contrôle}} - y_{\text{objet}})$ en mm | $E_i = \sqrt{(x_{\text{contrôle}} - x_{\text{objet}})^2 + (y_{\text{contrôle}} - y_{\text{objet}})^2}$ |
|-------------|--|--|--|
| 101         | 16   | 6  | 17   |
| 102         | 7  | 13   | 15   |
| 103         | 13   | 18   | 22   |
| 104         | 18   | 11   | 21   |
| 105         | 2  | 12   | 12   |
| 1 000       | 12   | 1  | 12   |
| 201         | 2  | 5  | 5  |
| 202         | 2  | 2  | 3  |
| 203         | 14   | 12   | 18   |
| 204         | 38   | 45   | <b>A calculer</b>  |
| 205         | 4  | 2  | 4  |
| 301         | 16   | 1  | 16   |
| 302         | 4  | 8  | 9  |
| 303         | 13   | 8  | 15   |
| 304         | 10   | 16   | 19   |
| 305         | 4  | 17   | 17   |
| 306         | 16   | 12   | 20   |
| 307         | 5  | 13   | 14   |

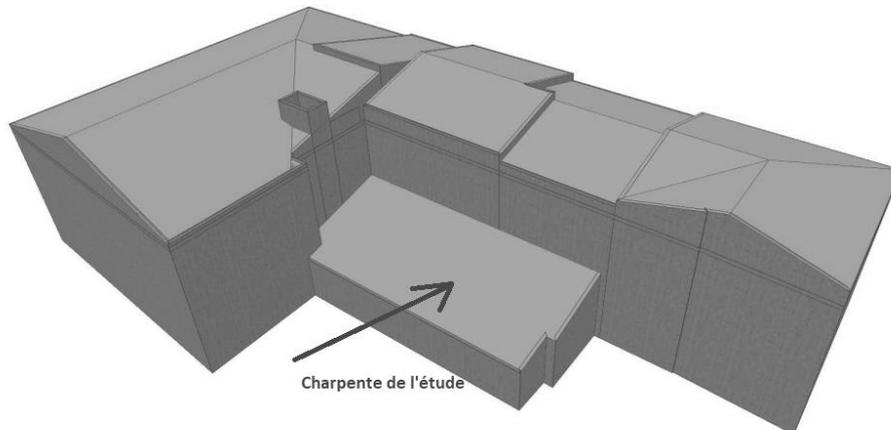
Tableau 3 : écarts de contrôle

**Question 1.3.1.** À l'aide du document technique DT03, **indiquer** si les points répondent à la classe de précision imposée par le client, en déterminant au préalable  $E_{204}$ . **Justifier** la réponse en donnant le détail des calculs.

Le bureau d'études structure d'exécution de l'entreprise ayant remporté l'appel d'offres est en charge du dimensionnement et de la vérification des études réalisées par le bureau de conception pour le compte du maître d'ouvrage.

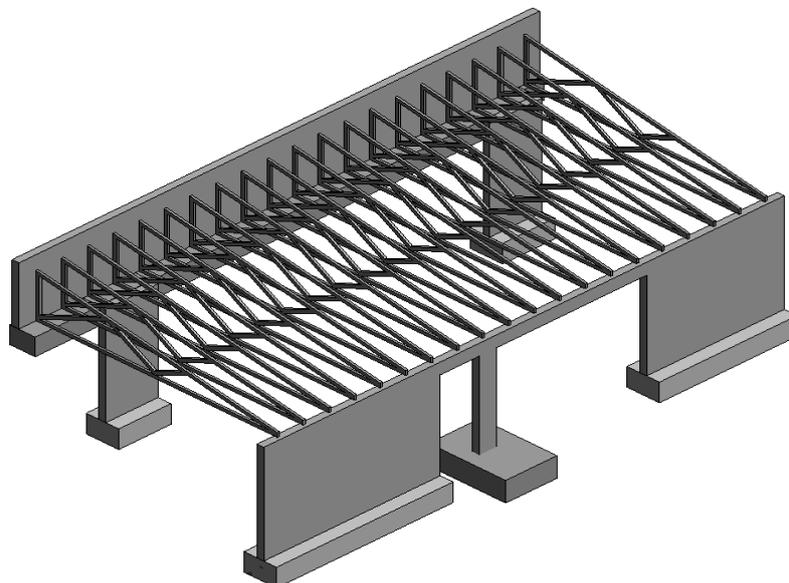
La présente étude comporte quatre parties totalement indépendantes.

### **Partie 2.1 : Étude d'une ferme bois**



**Figure 2 : emplacement de la charpente d'étude**

Le maître d'ouvrage souhaite une vérification de la note de calcul de la ferme bois du garage.



**Figure 3 : modélisation 3D de la charpente**

L'étude porte sur une ferme intermédiaire modélisée figure 3 avec une articulation en A et sur appui simple en B (voir document technique DT05 pour l'entre axe). La figure 4 illustre le schéma mécanique de la ferme d'étude.

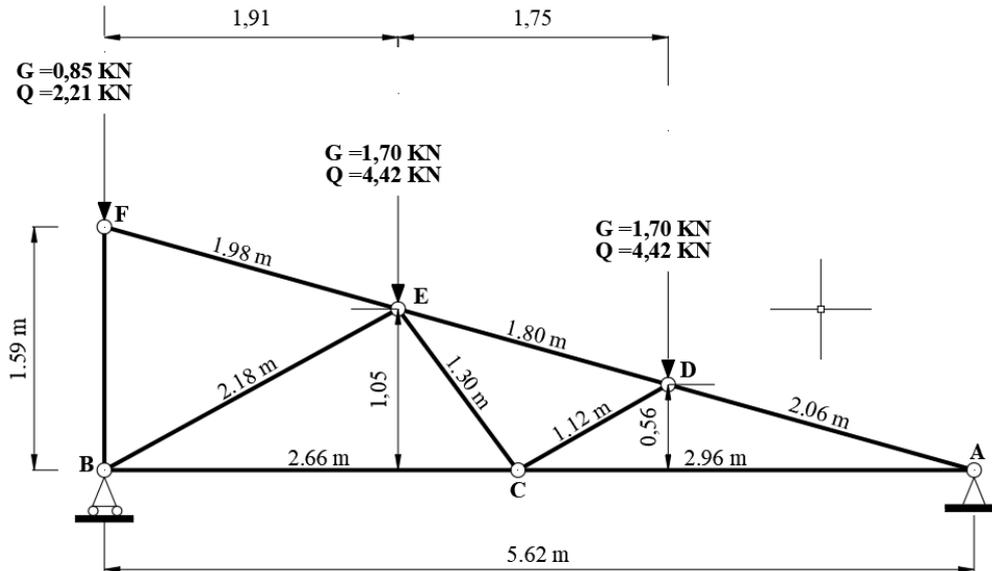


Figure 4 : schéma mécanique de la ferme d'étude

Les hypothèses sur le chargement sont :

Neige : Zone C2

Poids de la couverture :  $q_t = 520 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$

Poids des fermettes bois : Négligé dans l'étude

Altitude selon plan topographique (inférieur à 200 m)

Les caractéristiques du bois C24 sont fournies dans la note de calcul figure 6.

### Propriétés de matériau

| Classe | Emoyen<br>N/mm <sup>2</sup> | Gmoyen<br>N/mm <sup>2</sup> | f <sub>m,k</sub><br>N/mm <sup>2</sup> | f <sub>t,0,k</sub><br>N/mm <sup>2</sup> | f <sub>t,90,k</sub><br>N/mm <sup>2</sup> | f <sub>c,0,k</sub><br>N/mm <sup>2</sup> | f <sub>c,90,k</sub><br>N/mm <sup>2</sup> | f <sub>v,k</sub><br>N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>k</sub><br>kg/m <sup>3</sup> | γ <sub>M</sub> |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|--|---|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| C24    | 11000                       | 690                         | 24                                    | 14.5                                    | 0.4                                      | 21                                      | 2.5                                      | 4                                     | 350                                 | 1.3            |

Figure 6 : caractéristiques C24

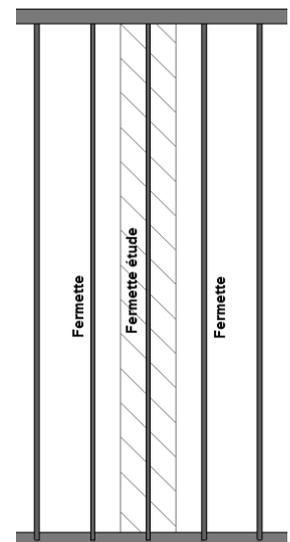


Figure 5 : surface d'influence

L'espacement entre les fermettes est à lire sur le plan de ferme du DT05.

Combinaison d'actions à ELU :  $1,35 \times G + 1,5 \times Q$

Combinaison d'actions à ELS :  $G + Q$

(Q : action variable dominante)

**Question 2.1.1.** À partir des documents techniques DT04 et DT05, **déterminer** les charges par mètre linéaire d'arbalétrier sur une ferme intermédiaire à l'ELU et l'ELS.

**Question 2.1.2.** **Déterminer** les degrés hyperstatiques extérieur et intérieur de la ferme illustrée figure 4.

**Question 2.1.3.** À l'aide d'une méthode laissée libre (méthode des nœuds, Ritter, etc.), **calculer** les sollicitations à l'ELU dans chaque élément de la ferme et **compléter** le tableau du document réponse DR02.

**Question 2.1.4.** **Calculer** la section de bois des barres AC et AD, à partir de l'extrait de règlement ci-après (la note de calculs précise :  $N_{u(AC)} = 31,2 \text{ kN}$  et  $N_{u(AD)} = -32,5 \text{ kN}$ ).

**Contrainte de résistance en traction axiale**

$$f_{t,0,d} = f_{t,0,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \times k_h$$

$f_{t,0,d}$  est la contrainte de calcul en **traction axiale**,  $f_{t,0,d} = \frac{N_u}{S}$

$N_u$  est l'effort normal de compression à l'ELU

$S$  est la section de l'élément en traction

$f_{t,0,k}$  est la valeur de résistance en **traction axiale** (voir figure 6)

$k_{mod}$  est le facteur de modification pris égal à 0,8

$\gamma_m$  est le coefficient partiel pris à 1,3 pour un bois massif

$k_h$  est le facteur de dimension pris égale à 1,3

**Contrainte de résistance en compression axiale**

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \times k_{c,y \text{ ou } z}$$

$f_{c,0,d}$  est la contrainte de calcul en **compression axiale**,  $f_{c,0,d} = \frac{N_u}{S}$

$N_u$  est l'effort normal de compression à l'ELU

$S$  est la section de l'élément en traction

$f_{c,0,k}$  est la valeur de résistance en **compression parallèle** aux fibres (voir figure 6)

$k_{mod}$  est le facteur de modification pris égal à 0,8

$\gamma_m$  est le coefficient partiel pris à 1,3 pour un bois massif

$k_{c,y \text{ ou } z}$  : Coefficient minorateur pris égal à 1

Extrait de règlement

**Question 2.1.5. Préciser** la conformité de la section des bois proposée par le fabricant (figure 7) pour la barre AC et **conclure**.

**Caractéristiques des bois**

| Groupe de bois               | Nœud | Section réelle<br>mm | Section de calcul<br>mm | Classe | Antiflamb<br>mm/nb. | Tx Cis |      | Tx Travail |      | Nature du taux |
|------------------------------|------|----------------------|-------------------------|--------|---------------------|--------|------|------------|------|----------------|
|                              |      |                      |                         |        |                     | %      | No   | %          | No   |                |
| Fiche                        | 3-6  | 36x60                | 35x59                   | C24    | Aucun               | 2      | 31:3 | 25         | 1    | Taux maxi comb |
| Arbalétrier Gauche           | 1-5  | 36x96                | 35x94                   | C24    | 850                 | 21     | 4    | 81         | 31:1 | Taux maxi comb |
| Verticale d'extrémité Droite | 4-7  | 36x60                | 35x59                   | C24    | Aucun               | 2      | 31:3 | 31         | 31:3 | Taux maxi comb |
| Entrait                      | 7-8  | 36x96                | 35x94                   | C24    | 200                 | 67     | 4    | 77         | 4    | Taux maxi comb |
| Entrait                      | 6-7  | 36x96                | 35x94                   | C24    | 2495                | 67     | 4    | 77         | 4    | Taux maxi comb |
| Entrait                      | 1-6  | 36x96                | 35x94                   | C24    | 2680                | 67     | 4    | 77         | 4    | Taux maxi comb |
| Fiche                        | 2-6  | 36x60                | 35x59                   | C24    | Aucun               | 3      | 31:1 | 35         | 4    | Taux maxi comb |
| Fiche                        | 3-7  | 36x60                | 35x59                   | C24    | 1                   | 2      | 4    | 89         | 4    | Taux maxi comb |

Figure 7 : sections de bois - choix du fabricant

On cherche à déterminer la flèche au point C de la ferme. Ce dimensionnement est réalisé avec le théorème de la force unité (voir figure 8) dont les efforts dans les barres ont été calculés avec un logiciel de calcul dont les résultats sont fournis en figure 9. La combinaison de charge à considérer sera celle de l'ELS.

$$\delta_c = \sum_{i=1}^{\text{Nombre de barres}} \frac{N_i \times n_i}{E_i \times A_i} \times L_i$$

La section de toutes les barres est de 35x94 mm et le module de Young du bois est pris égal à 11 000 MPa.

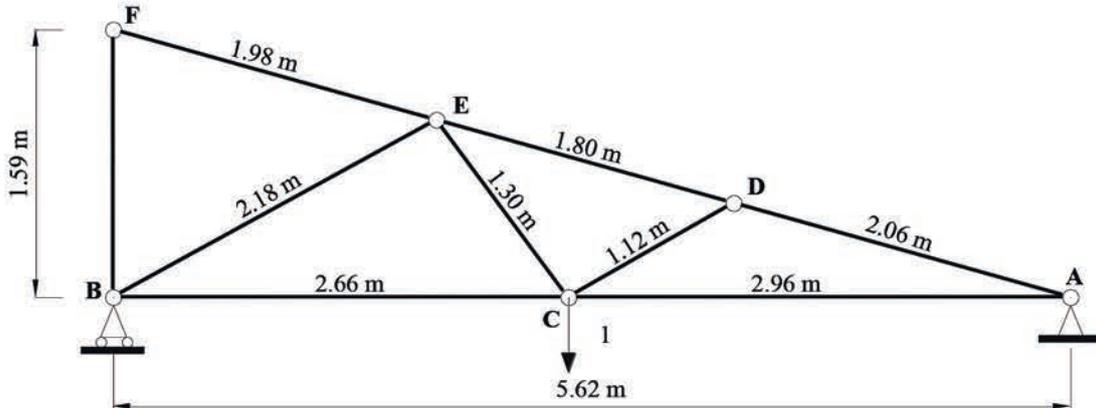


Figure 8 : cas de charge unitaire appliquée au point C

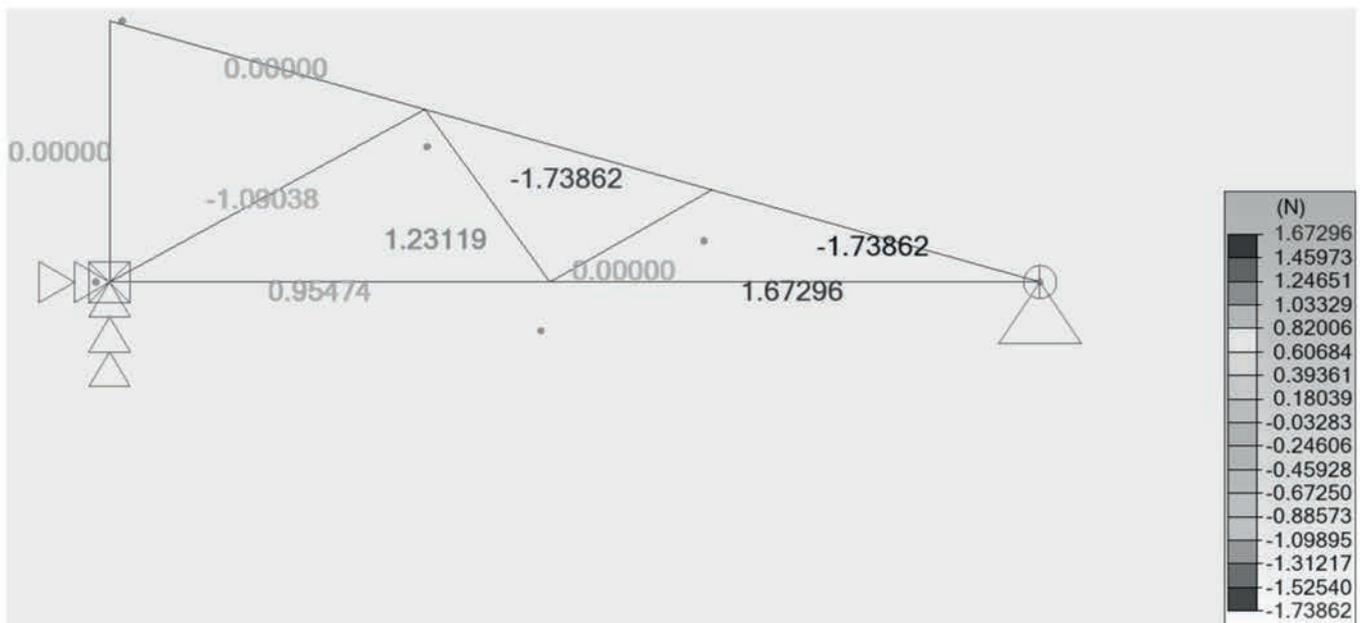


Figure 9 : diagramme de l'effort normal de la charge unitaire appliquée au point C

**Question 2.1.6.** Calculer la flèche au point C de la ferme, en complétant le tableau du document réponse DR03 et vérifier qu'elle reste inférieure à L/200.

## Partie 2.2 : Étude du renforcement d'un arbalétrier en béton armé

En cours de chantier, le maître d'ouvrage indique avoir vendu le local commercial n°01 à un boulanger, il demande de supprimer les fermettes et de prévoir un arbalétrier en béton armé **préfabriqué** s'appuyant sur le poteau par l'intermédiaire d'une console. Le boulanger a besoin d'une pompe à chaleur qu'il n'est pas possible de mettre sur les façades suite au refus de l'architecte des bâtiments de France. Après consultation du bureau d'étude fluides, la seule possibilité est de mettre cette pompe à chaleur dans les combles du garage compte tenu de ses dimensions.

Le bureau de contrôle indique tardivement que le bureau d'étude qui a dimensionné la couverture a commis une erreur sur la descente de charge des pannes bois arrivant sur l'arbalétrier béton armé.

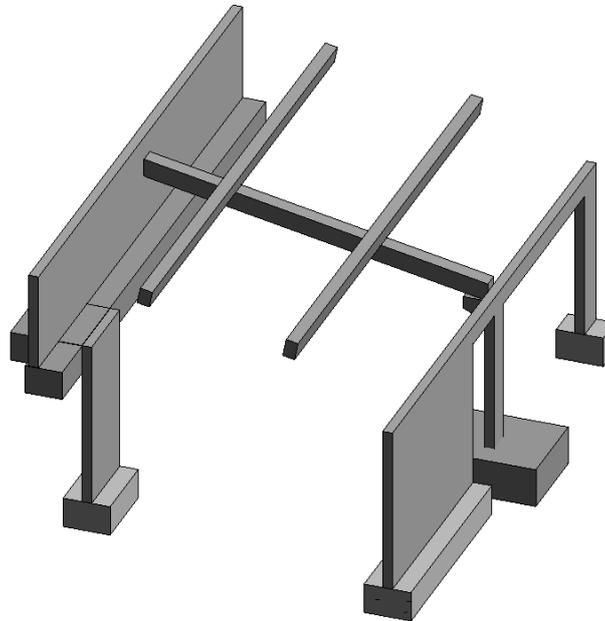


Figure 10 : schéma de principe de l'arbalétrier béton armé

En concertation avec la maîtrise d'ouvrage et l'entreprise, le choix s'est porté sur le renforcement de la poutre avec des fibres de carbone. Le dimensionnement des plats a été sous-traité à un B.E.T. Il est demandé de vérifier la note de calculs issue du B.E.T. sous-traitant.

Les documents techniques à consulter sont :

- DT06 : Plan d'armatures de l'arbalétrier
- DT07 : Note de calcul de fibre de carbone

### ➤ État initial (avant renfort par plat carbone) :

Dans cette partie, il est demandé de valider le moment résistant des armatures tendues de la poutre avant renforcement dont le plan de ferrailage est fourni dans le document DT06.

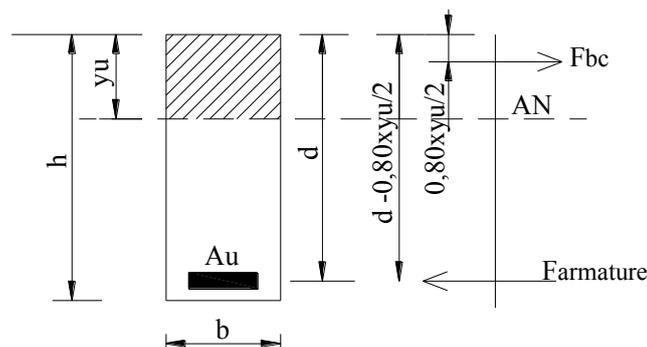


Figure 11 : poutre B.A. initiale

La hauteur de béton comprimé à l'ELU s'obtient en écrivant l'équation d'équilibre :

$$0,80 \times y_u \times f_{cd} \times b = A_{su} \times \sigma_{st}$$

Où :

- $y_u$  est la hauteur de béton comprimé
- $b$  est la largeur de béton comprimé
- $f_{cd}$  représente la contrainte de compression du béton maximale à l'ELU prise égale à 23 MPa
- $A_{su}$  est la section d'armatures tendues existantes à l'ELU
- $\sigma_{st}$  représente la contrainte maximale de l'acier à l'ELU pris égal à 435 MPa

Par hypothèse on fixe  $d=0,9 \times h$  (voir figure 11). La section d'armature longitudinale située dans la zone comprimée de la poutre est négligée.

**Question 2.2.1.** Calculer le moment résistant à l'ELU de la poutre existante à l'aide du document technique DT06.

➤ **État final renforcé avec plat carbone :**

Le schéma mécanique avec les nouvelles charges corrigées est le suivant :

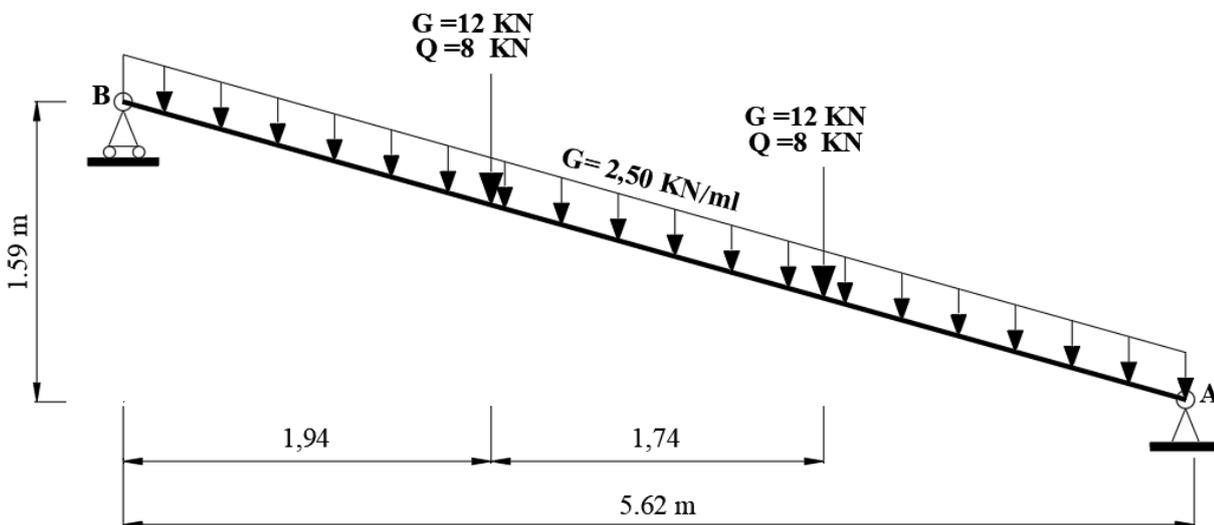


Figure 12 : schéma mécanique de chargement

**Question 2.2.2.** Pour la combinaison ELU  $1,35 \times G + 1,5 \times Q$  ( $Q$  : action variable dominante), tracer les diagrammes des efforts normaux, tranchants et du moment fléchissant à l'ELU sur le document réponse DR04.

**Question 2.2.3.** À l'aide du document technique DT07, vérifier que le moment sollicitant de la poutre à l'état renforcé ( $M_{Ed}$ ) est cohérent avec le moment calculé à la question précédente et conclure.

**Question 2.2.4.** À l'aide du document technique DT08, extraire la valeur du moment résistant de la poutre renforcée. Préciser et justifier si l'ELU de résistance du béton en flexion de la poutre est dépassé.

**Question 2.2.5.** Sur le document réponse DR05, déterminer la longueur de renfort par plat carbone (hors ancrage), en justifiant les calculs.

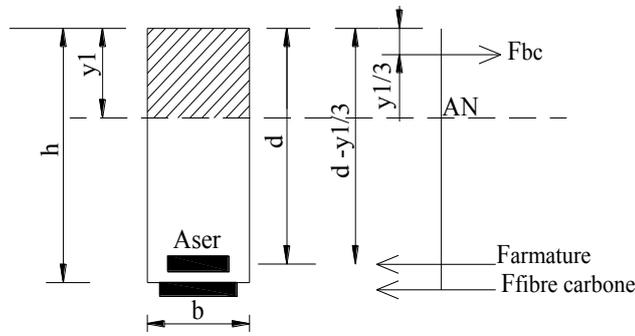


Figure 13 : poutre B.A. renforcée

La vérification des contraintes sur la poutre renforcée s'obtient avec la combinaison ELS : G+Q et les formules suivantes :

- Calcul de la position de l'axe neutre :

$$\frac{b \times y_1^2}{2} - n \times A_s \times (d - y_1) - n' \times A_f \times (h - y_1) = 0 \quad \text{avec } n = 15 \text{ et } n' = 7,5$$

- Calcul de l'inertie homogène avec fibre de carbone :

$$I = \frac{b \times y_1^3}{3} + n \times A_s \times (d - y_1)^2 + n' \times A_f \times (h - y_1)^2$$

- Calcul des contraintes :

$$\sigma_{bc} = \frac{M \times y}{I} \quad (\text{Contraintes dans béton avec } \bar{\sigma}_{bc} = 20 \text{ MPa})$$

$$\sigma_{st} = n \times \frac{M \times y}{I} \quad (\text{Contraintes dans aciers tendus avec } \bar{\sigma}_{st} = 305 \text{ MPa})$$

$$\sigma_{sf} = n' \times \frac{M \times y}{I} \quad (\text{Contraintes dans le plat de carbone avec } \bar{\sigma}_{sf} = 1440 \text{ MPa})$$

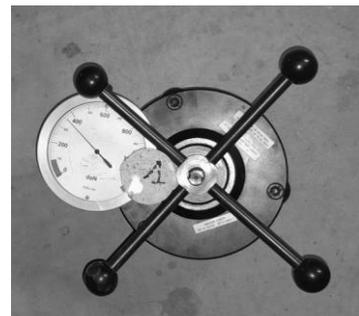
Le moment à l'ELS au droit de l'arrêt du plat de carbone est calculé avec la formule (pour  $x = 1,73 \text{ m}$ ) :

$$M = -27,02 \cdot \cos(15,80) \cdot x + 2,50 \cdot \cos(15,80) \cdot \frac{x^2}{2} \quad \text{en } [\text{kN} \cdot \text{m}]$$

La section du plat de carbone est à prendre dans la note de calcul fournie dans le document technique DT07. On suppose que  $d = 0,9 \times h$ .

**Question 2.2.6.** Calculer les contraintes dans les aciers et les plats de carbone aux points d'abscisse de l'arrêt des fibres de carbone et à mi-portée de la poutre à l'état renforcé. Vérifier que ces contraintes restent admissibles.

La vérification de la condition de non-décollement du plat de carbone consiste à vérifier sur site via les sondages de la qualité du béton de surface pour le non-décollement du plat de carbone via les essais SETEC représenté ci-après :



L'avis technique du plat de carbone indique de vérifier que la contrainte de cisaillement aux extrémités de collage du-plat de carbone ne soit pas supérieure à 1,5 MPa avec :

$$\tau_{\max\text{els}} = \frac{2 \times F_{\text{els}}}{b_f \times l_{\text{anc}}} \text{ [MPa]}$$

Où :

- $F_{\text{els}}$  est la force du plat de carbone en traction à l'abscisse 1,74 m obtenue en multipliant la contrainte du TFC à l'abscisse de la poutre par sa surface
- $b_f$  est la largeur de collage du TFC [mm]
- $l_{\text{anc}}$  est la longueur d'ancrage du TFC prise égale à 30 cm

**Question 2.2.7. Vérifier** la contrainte de cisaillement à l'abscisse de 1,74 m, en utilisant le document technique DT07 et **conclure**.

### Partie 2.3 : Étude d'un tirant pour semelle béton armé

Le bureau d'étude de sol ayant reçu le compte rendu de chantier du maître d'œuvre indique que la solution souhaitée par le maître d'ouvrage de remplacement des fermettes par un arbalétrier en béton armé s'appuyant sur une console était non prévue dans son étude et risque de renverser la fondation isolée. À cet effet, il est demandé d'étudier la mise en place d'un tirant dans le sol.

➤ **Données :**

$\rho$  béton armé = 2 500 daN · m<sup>-3</sup>

Les documents techniques à consulter sont :

- DT09 : caractéristiques du tirant
- DT10 : coupe géologique au droit du tirant

Les efforts s'appliquant au centre de gravité de la semelle (sans prise en compte de son poids propre) sont déterminés par la formule :  $\sigma = \frac{N}{S} \pm \frac{M_{xy}}{I}$

La figure 15 donne les charges à l'ELU.

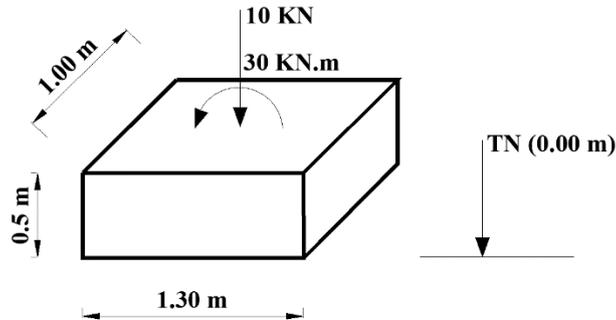


Figure 15 : schéma mécanique de descente de charges sur la semelle

**Question 2.3.1. Calculer** les contraintes de la fondation sur le sol sans le tirant avec le torseur des efforts s'appliquant au centre de gravité de la semelle et le poids de la fondation.

Le tirant est positionné dans le sens transversal de la semelle isolée (1,00 m) à l'axe de son centre de gravité (voir figure 16).

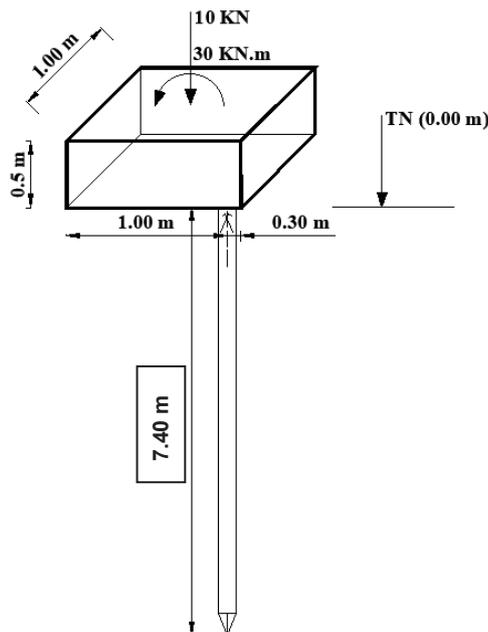


Figure 16 : tirant sous semelle

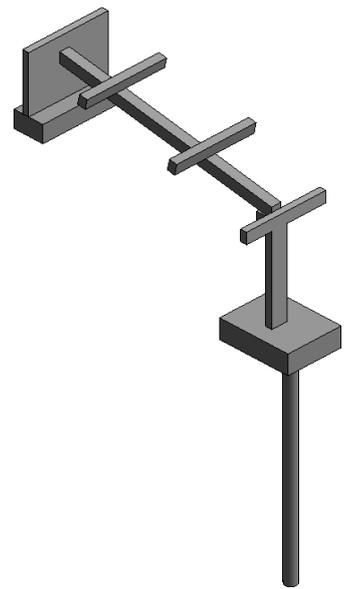


Figure 14 : variante arbalétrier B.A.

**Question 2.3.2. Calculer** la force du tirant pour éviter le soulèvement de la semelle.

**Question 2.3.3.** À l'aide des documents techniques DT09 et DT10, **calculer** la force maximale de traction que peut reprendre le tirant (par hypothèse, on considère que le diamètre de calcul du « bulbe » de scellement est égal au diamètre nominal du tirant).

**Question 2.3.4. Indiquer** si le tirant proposé est conforme afin de reprendre l'effort de soulèvement.

## Partie 2.4 : Étude d'un portique en béton armé avec précontrainte additionnelle

Après appel d'offres auprès des entreprises, la solution de la réalisation d'un tirant pour stabilisation de la fondation n'est pas financièrement acceptable car les coûts d'aménagement et d'installation des outils de forage sont disproportionnés au vu du tirant à réaliser. De plus, l'accès est exigü et le tirant ne peut pas être descendu à la bonne profondeur indiquée dans le rapport d'étude de sol. Le maître d'ouvrage souhaite une solution alternative. À cet effet, on envisage de claveter l'arbalétrier en béton armé et le poteau et de rajouter une précontrainte additionnelle sur le portique afin de réduire les sollicitations dans le portique.

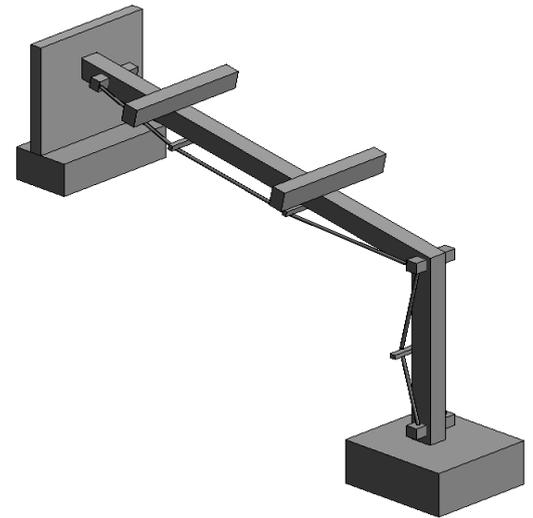


Figure 17 : précontrainte externe sous portique

### ➤ Données :

Module de Young du béton armé : 32 000 MPa

Le portique est articulé en A et E selon le schéma mécanique illustré figure 18.

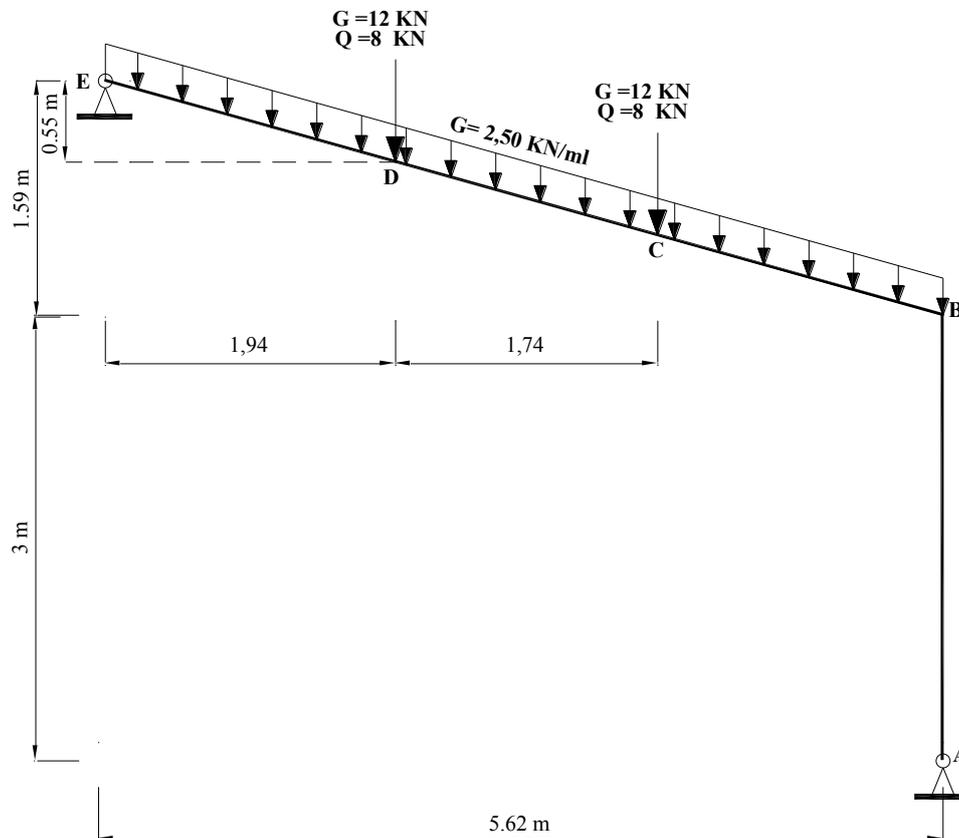


Figure 18 : portique d'étude

**Question 2.4.1.** À l'aide du document technique DT11, **tracer** sur le document réponse DR06 le diagramme du moment fléchissant à l'ELU hors précontrainte additionnelle, en précisant la méthode de résolution, et **démontrer** qu'au point D du portique, les charges permanentes et d'exploitations hors précontrainte tendent la fibre inférieure de la poutre à une valeur 51,31 kN·m.

Les sollicitations du moment de flexion dues à la précontrainte additionnelle à l'ELU ont été calculées avec un logiciel de calcul. Au point D du portique, le moment créé par la précontrainte additionnelle tend la fibre supérieure de la poutre avec un moment de  $-7,33 \text{ kN} \cdot \text{m}$  (les efforts indiqués s'entendent pour les deux câbles de précontrainte de part et d'autre de la poutre et poteau).

**Question 2.4.2. Déterminer** au point D du portique la valeur du moment de flexion final des charges à l'ELU et de la précontrainte additionnelle.

On réalise le prédimensionnement de la précontrainte avec la contrainte de compression du béton de  $5,28 \text{ MPa}$ .

Pour la présente étude on néglige dans les calculs les efforts dus aux armatures passives et on retient le schéma mécanique illustré figure 19 dans lequel :

- $V = 250 \text{ mm}$ ,  $e_0 = 305 \text{ mm}$
- $b = 200 \text{ mm}$ ,  $h = 500 \text{ mm}$
- $S$  est la section de la poutre béton de largeur  $b$  et hauteur  $h$
- $I = \frac{b \times h^3}{12}$  est l'inertie d'une poutre béton de largeur  $b$
- 

On note  $f_{\text{prg}}$  la contrainte de traction des torons de précontrainte, on a  $f_{\text{prg}} = 1\,200 \text{ MPa}$ .

La documentation des câbles de précontrainte est fournie en figure 20.

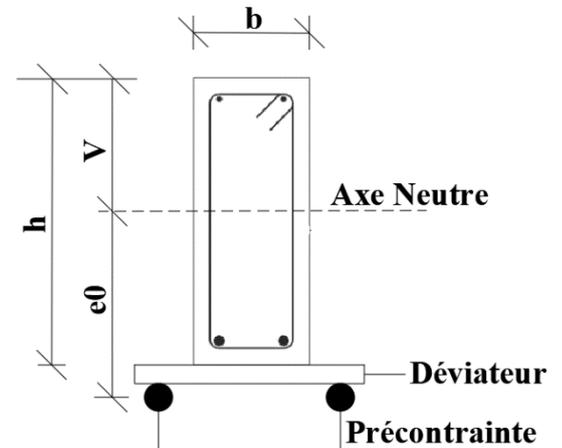


Figure 19 : schéma mécanique

| Unités | Type de torons               |                                     |              |                      |                                 |                                     |              |
|--------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------|
|        | T 15,7<br>pr EN 10138-1 et 3 |                                     |              |                      | ASTM A-416-96<br>0,6 classe 270 |                                     |              |
|        | Nombre de torons             | Section nominale (mm <sup>2</sup> ) | Masse (kg/m) | Classe 1 770 (Fm kN) | Classe 1 860 (Fm kN)            | Section nominale (mm <sup>2</sup> ) | Masse (kg/m) |
| 1      | 150                          | 1,17                                | 265          | 279                  | 140                             | 1,102                               | 260,7        |
| 2      | 300                          | 2,34                                | 530          | 558                  | 280                             | 2,205                               | 521,4        |
| 3      | 450                          | 3,54                                | 795          | 837                  | 420                             | 3,306                               | 782          |
| 4      | 600                          | 4,72                                | 1 060        | 1 116                | 560                             | 4,41                                | 1 043        |
| 7      | 1 050                        | 8,26                                | 1 855        | 1 953                | 980                             | 7,71                                | 1 825        |
| 9      | 1 350                        | 10,62                               | 2 385        | 2 511                | 1 260                           | 9,92                                | 2 346        |
| 12     | 1 800                        | 14,16                               | 3 180        | 3 348                | 1 680                           | 13,22                               | 3 128        |
| 13     | 1 950                        | 15,34                               | 3 445        | 3 627                | 1 820                           | 14,33                               | 3 389        |
| 19     | 2 850                        | 22,42                               | 5 035        | 5 301                | 2 660                           | 20,94                               | 4 953        |
| 22     | 3 300                        | 25,95                               | 5 830        | 6 138                | 3 080                           | 24,24                               | 5 735        |
| 25     | 3 750                        | 29,50                               | 6 625        | 6 975                | 3 500                           | 27,55                               | 6 518        |
| 27     | 4 050                        | 31,85                               | 7 155        | 7 533                | 3 780                           | 29,75                               | 7 039        |
| 31     | 4 650                        | 36,58                               | 8 215        | 8 649                | 4 340                           | 34,16                               | 8 082        |
| 37     | 5 550                        | 43,66                               | 9 805        | 10 323               | 5 180                           | 40,77                               | 9 646        |
| 55     | 8 250                        | 64,9                                | 14 575       | 15 345               | 7 700                           | 60,61                               | 14 339       |

Figure 20 : documentation technique sur les câbles de précontrainte

**Question 2.4.3. Déterminer** la force et la section des deux câbles de précontrainte additionnelle au point D du portique.

**Question 2.4.4. Compléter** le document réponse DR03 en y indiquant, pour chaque critère, la meilleure solution parmi les trois techniques de réparation envisagées.

Les bossages et les déviateurs sont liés à la structure par une précontrainte de serrage déterminée avec la formule suivante

$$\text{À l'ELU : } \gamma_s \times Nu \times \frac{f}{\gamma_f} \times \gamma_p \times Pu$$

Avec :

- Nu est l'intensité de l'effort de précontrainte perpendiculaire à l'axe de la poutre ;
- Pu est l'effort de traction tendant à provoquer le glissement, Pu=14,58 kN ;
- $\gamma_p$  est le coefficient de sécurité pris égal à 1,35 (sans unité) ;
- $\gamma_f$  est le coefficient de sécurité pris égal à 1,20 (sans unité) ;
- $\gamma_s$  est le coefficient de sécurité pris égal à 0,85 (sans unité) ;
- f est le coefficient de frottement entre la surface du support pris égal à 0,50.

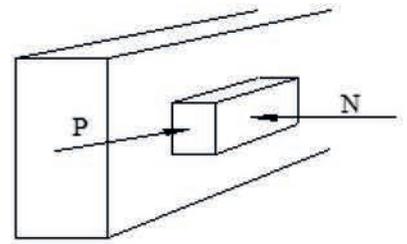


Figure 21: bossage

**Question 2.4.5. Déterminer** l'effort à l'ELU dans la tige filetée à appliquer au bossage au point E afin de le fixer sur la poutre.

La période propre de vibration  $T_c$  d'un câble supposé sans inertie est donnée par la relation suivante :

$$T_c = 2 \times l \times \sqrt{\frac{\rho}{\sigma}}$$

Avec :

- $T_c$  est la période fondamentale ;
- l est la longueur du câble entre points de fixation prise égale à 6,20 m ;
- $\rho$  est la masse volumique du câble en acier prise égale à 7 850 kg · m<sup>-3</sup> ;
- $\sigma$  est la contrainte de traction du câble prise égale à 1 200 MPa.

Les modes propres de la structure existante hors précontrainte additionnelle ont été calculés avec un logiciel de calcul. Les résultats sont fournis en figure 22 (mode 1) et en figure 23 (mode 2).

**Question 2.4.6. Vérifier** que le câble de précontrainte additionnelle de la poutre ne rentre pas en résonance avec la structure et **conclure**.

**VUE DE FACE : MODE 1 ; T (période) = 0,1 s ; Pulsation = 88,63 rad · s<sup>-1</sup> ; Fréquence=14,11 Hz**



Figure 22 : mode propre n°1

VUE DE FACE : MODE 2 ; T (Période) = 0,001 s ; Pulsation = 292,93 rad · s<sup>-1</sup> ; Fréquence=46,62 Hz



Figure 23 : mode propre n°2

## ÉTUDE 3 : CONFORTS ET ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

Le maître d'ouvrage a souhaité une labellisation BEE (Bâtiment Énergie Environnement) logement neuf pour ce projet.

Le référentiel « BEE logement neuf » vise à répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux du 21<sup>ème</sup> siècle :

- réduire l'impact des bâtiments sur les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et la production de déchets ;
- participer à l'atténuation du changement climatique et s'y adapter ;
- anticiper et limiter les effets de la hausse des coûts d'accès aux énergies ;
- permettre l'accès à un logement de qualité ;
- faciliter les pratiques vertueuses.

La performance globale du bâtiment est traitée en quatre cibles s'appuyant sur les principaux piliers de l'économie circulaire :

- Cible 1 : l'**éco-conception** du bâtiment et le management du projet ;
- Cible 2 : le bâtiment dans son **environnement** ;
- Cible 3 : la **sobriété** énergie, carbone et matériaux ;
- Cible 4 : les **usages** et la **qualité de vie**.

Pour obtenir la certification, il faut atteindre un minimum de 145 points pour l'ensemble des exigences du référentiel (voir figure 24). Des mentions existent pour valoriser des aspects particuliers du projet.

L'objectif de cette partie est d'étudier et de justifier les performances atteintes pour les exigences liées aux cibles 3 et 4. Des pistes d'amélioration sont également étudiées afin de rendre le projet plus performant.

La présente étude comporte trois parties totalement indépendantes.

| Cible                  | Thème                            | Exigences   | Points obtenus          |
|------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| 1                      | 1.1 Etudes préalables            | Proximité des commerces et transports en commun             | 5                       |
|                        |                                  | Information des occupants sur l'impact des déplacements     | 5                       |
| 2                      | 2.3 Chantier à faibles nuisances | Charte « Chantier à faibles nuisances » dans DCE et marchés | 30                      |
|                        |                                  | Mission de suivi « Chantier à faibles nuisances »           | 0                       |
|                        |                                  | Mise en place d'un panneau d'information                    | 5                       |
|                        |                                  | Limitation des émissions de poussières                      | 5                       |
|                        |                                  | Mise en place d'un bac de lavage à la sortie du chantier    | 5                       |
| 3                      | 3.1 Performance Energie RT2012   | Niveau BEE RT2012   | 0                       |
|                        | 3.4 Energies renouvelables       | Utilisation des énergies renouvelables                      | 20                      |
| 4                      | 4.1 Usage rationnel de l'eau     | Equipements individuels économes en eau                     | 5                       |
|                        | 4.3 Confort                      | Confort acoustique – Entre logements                        | 30                      |
|                        |                                  | Confort acoustique – Entre logements et circulations        | 20                      |
|                        |                                  | Coefficient d'absorption dans les circulations communes     | 10                      |
|                        |                                  | Confort acoustique – Acoustique extérieure                  | 5                       |
| <b>TOTAL DE POINTS</b> |                                  |   | <b>145</b>              |
| <b>LABEL OBTENU</b>    |                                  |   | <b>BEE sans mention</b> |

Figure 24 : tableau des points obtenus par le projet pour l'obtention du label BEE

### **Partie 3.1 : Performance énergie RT2012**

L'objectif de cette étude est, dans un premier temps, d'identifier les solutions constructives mises en place dans le cadre de la cible 3 du label pour répondre aux exigences de la RT2012. Il s'agira ensuite de rendre le projet plus performant et de tendre vers les exigences de la norme RE2020 en travaillant sur le choix de l'isolant.

#### **3.1.1 Composition des parois verticales**

L'isolation des parois verticales des logements est traitée de deux façons : principalement en ITI (isolation thermique par l'intérieur) et localement en ITE (isolation thermique par l'extérieur) lors de la présence de balcons.

La solution constructive retenue pour les parois verticales est l'utilisation d'un béton de structure isolant à base de granulats légers INSULARIS I.

Les compositions des parois sont (extrait de l'étude thermique réglementaire) :

#### **Paroi 02 / Mur Ext. Logements ITI**

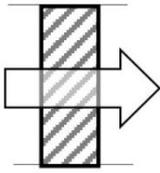
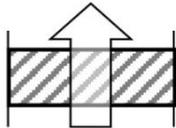
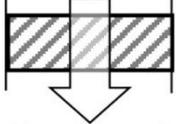
Code : 02  
Désignation : Mur Ext. Logements ITI  
Descriptif : Béton + ITI  
Type : Mur extérieur (A1)  
Type de mur : Mur courant

| Désignation                | Epaisseur<br>cm | Lambda<br>$W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ | Résistance<br>$m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$ | Proportion<br>% |
|----------------------------|-----------------|--|---|-----------------|
| Polyplac B 4.10<br>+13+120 | 13,3            |  | 4,100   | 100             |
| INSULARIS I                | 16,0            | 0,540  |   | 100             |

#### **Paroi 10 / Mur Ext. Logements ITE**

Code : 10  
Désignation : Mur Ext. Logements ITE  
Descriptif : Béton + ITE  
Type : Mur extérieur (A1)  
Type de mur : Mur courant

| Désignation | Epaisseur<br>cm | Lambda<br>$W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ | Résistance<br>$m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$ | Proportion<br>% |
|-------------|-----------------|--|---|-----------------|
| ITE PSE     | 10,00           |  | 3,200   | 100             |
| INSULARIS I | 16,0            | 0,540  |   | 100             |

| Paroi donnant sur :<br>- l'extérieur<br>- un passage ouvert<br>- un local ouvert <sup>(1)</sup>   | R <sub>si</sub><br>m <sup>2</sup> .K/W | R <sub>se</sub> (1)<br>m <sup>2</sup> .K/W | R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub><br>m <sup>2</sup> .K/W |
|---|--|--|--|
| Paroi verticale<br>(Inclinaison > 60°)<br><br>Flux horizontal<br>  | 0.13                                   | 0.04                                       | 0.17   |
| Paroi Horizontale<br>(Inclinaison < 60°)<br><br>Flux ascendant<br><br><br>Flux descendant<br> | 0.10                                   | 0.04                                       | 0.14   |
|   | 0.17                                   | 0.04                                       | 0.21   |

(1) Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieur à 0.005 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Ce peut être le cas, par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité contre l'incendie.  
(2) Si la paroi donne sur un autre local non chauffé, un comble ou un vide sanitaire, R<sub>si</sub> s'applique des deux côtés

Figure 25 : Extrait règles Th-bat – Valeurs par défaut des résistances thermiques superficielles

**Question 3.1.1.** À l'aide de la figure 25 et de la composition des parois, **réaliser** le calcul du coefficient U des deux parois. **Comparer** les résultats.

Pour la suite de l'étude, compte tenu de la proportion significative d'isolation thermique par l'intérieur, il est considéré que l'isolation thermique du bâtiment est exclusivement réalisée par ce procédé.

**Question 3.1.2.** À l'aide du document technique DT12, **justifier** le choix de la solution retenue par rapport à l'utilisation d'un voile en béton traditionnel notamment dans le cas d'une isolation par l'intérieur.

### 3.1.2 Traitement des ponts thermiques

**Question 3.1.3.** **Expliquer** ce qu'est un pont thermique. **Proposer** une vue en coupe légendée de deux types différents de ponts thermiques linéaires.

Les règles Th-U (partie 5 de mars 2012) contiennent des valeurs par défaut du coefficient linéique  $\Psi$  des liaisons courantes entre deux ou plusieurs parois du bâtiment. Dans le cas présent, le fournisseur CEMEX de la solution Insularis a fait appel à un bureau d'études spécialisé afin de procéder au calcul spécifique des ponts thermiques.

**Question 3.1.4.** À l'aide des documents techniques DT13, DT14 et DT15 et en complétant le document réponse DR07, **relever** les valeurs des coefficients  $\Psi$  à prendre en compte, **calculer** le ratio moyen ponts thermiques Ratio <sub>$\Psi$</sub>  et le PSI moyen L9 ( $\Psi_9$ ). **Conclure** quant au respect de la RT2012.

### 3.1.3 Choix des produits de construction et impact carbone

Il est proposé de mener une étude complémentaire sur les produits de construction et l'impact carbone du projet.

**Question 3.1.5.** Sachant que la réglementation environnementale actuelle (RE2020) a introduit deux nouveaux indicateurs associés à des seuils d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser, **indiquer** quels sont ces indicateurs et **préciser** leurs unités et leur périmètre d'étude.

En complément de l'étude thermique, une étude ACV (analyse de cycle de vie) visant à vérifier les émissions de gaz à effet de serre (GES) du projet est demandée. Cette ACV se base sur les fiches FDES (fiches de déclarations environnementales) disponibles sur le site de l'INIES, la base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction.

**Question 3.1.6. Définir** l'unité fonctionnelle UF en indiquant les informations qu'elle doit comprendre. **Indiquer** en quoi sa définition précise est un élément fondamental pour assurer la fiabilité d'une ACV.

Le matériau actuellement utilisé pour assurer l'isolation thermique des parois verticales extérieures est d'origine synthétique. Afin de réduire l'impact carbone du projet, il est proposé de le remplacer par une alternative d'origine biosourcée.

**Question 3.1.7.** À partir des FDES des deux solutions fournis dans les documents DT16, DT17 et DT18 **compléter** le document réponse DR08 afin de les comparer. **Conclure** quant à l'impact carbone de la solution alternative.

## Partie 3.2 : Confort acoustique

L'objectif de l'étude est de vérifier les dispositions constructives du projet vis-à-vis des exigences liées au confort acoustique visées par la cible 4 du label BEE concernant les usages et la qualité de vie.

### 3.2.1 Acoustique extérieure

L'acoustique extérieure est relative aux bruits extérieurs au bâtiment. Elle concerne essentiellement l'isolement acoustique  $D_{nT,A,tr}$  des pièces principales et des cuisines contre les bruits extérieurs (bruits des infrastructures de transports terrestres), requis au sens de l'Arrêté du 30 mai 1996 – modifié par l'Arrêté du 23 juillet 2013 (relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit).

L'étude est décomposée en trois étapes : détermination de l'isolement requis, détermination de l'isolement calculé et comparaison de l'isolement calculé avec l'isolement requis. Le bâtiment est situé dans un secteur affecté par le bruit des transports routier.

**Question 3.2.1.** Après avoir déterminé la catégorie des infrastructures bruyantes à proximité du projet à l'aide du document technique DT19, **évaluer** l'isolement minimal à respecter, noté  $D_{nT,A,tr,min}$ , en dB pour toutes les façades impactées à l'aide du document technique DT20. **Compléter** le document réponse DR09 pour faire clairement apparaître les distances et les exigences d'isolement acoustique contre les bruits extérieurs des façades.

L'isolement normalisé d'une façade au bruit aérien par référence à un trafic routier se calcule à l'aide la formule suivante (NF EN ISO 12354-3) :

$$D_{nT,A,tr} = R'_{Atr} + 10 \times \log \left( 0,16 \times \frac{V}{T_0 \times S} \right) \text{ exprimé en dB}$$

Où :

- V est le volume du local de réception considéré en m<sup>3</sup> ;
- S est la surface totale de la façade vue de l'intérieur en m<sup>2</sup> (la somme des surfaces de tous les éléments de la façade) ;
- T<sub>0</sub> est la durée de réverbération de référence en secondes (T<sub>0</sub> = 0,5 s) ;
- R'<sub>Atr</sub> est l'isolation acoustique composée d'un pan de façade.

L'isolation acoustique R'<sub>Atr</sub> se détermine par la formule :

$$R'_{Atr} = -10 \times \log \left( \sum_i \frac{S_i}{S} \times 10^{-\frac{R_{Atr,i}}{10}} + \sum_j \frac{10}{S} \times 10^{-\frac{D_{ne,Atr,j}}{10}} \right) \text{ exprimée en dB}$$

Où :

- R<sub>Atr,i</sub> est l'indice d'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs des éléments de façade ordinaires tels que parois et menuiseries en dB ;
- D<sub>ne,Atr,j</sub> est l'indice d'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs des grilles d'entrée d'air en dB ;
- S<sub>i</sub> est la surface de l'élément de façade en m<sup>2</sup>.

Il est demandé de vérifier l'isolement acoustique de la chambre de l'appartement du 1<sup>er</sup> étage D-2P (figure 26).

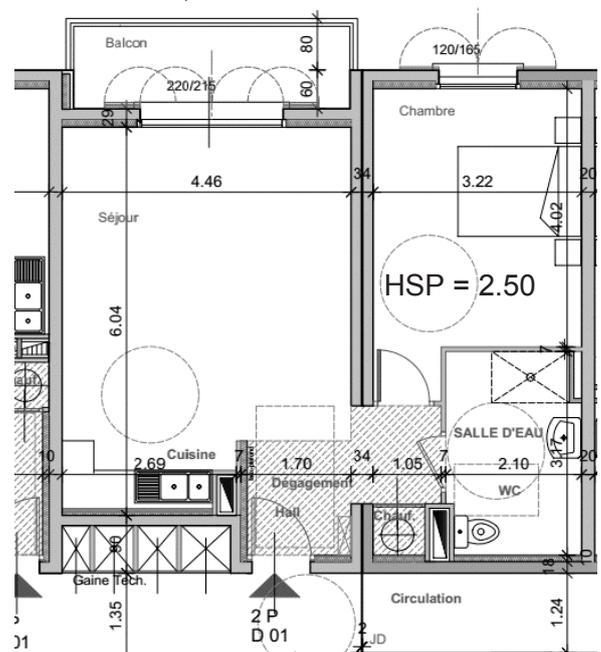


Figure 26 : vue plan R+1

Le document technique DT21 fournit les indices  $R_{A, tr, i}$  et  $D_{ne, Atr, j}$  des différents éléments composant les murs de façade.

**Question 3.2.2. Calculer** l'indice d'affaiblissement  $R'_{Atr}$  de la façade impactée en complétant le document réponse DR10.

**Question 3.2.3.** Sur le document réponse DR10, **en déduire** le  $D_{nT, A, tr}$  pour la façade impactée et **conclure** quant au confort acoustique de la pièce vis-à-vis du bruit des transports routiers. **Proposer** une configuration permettant de répondre aux exigences.

### 3.2.2 Acoustique intérieure

Le volet de l'acoustique intérieure (AI) est vaste puisqu'il traite de nombreux points relatifs à la protection des occupants des logements vis-à-vis des bruits intérieurs, en provenance d'autres parties du bâtiment (logements voisins, circulations communes, garages, commerces...) et en provenance d'équipements techniques divers se trouvant soit à l'intérieur même des logements (système de chauffage/climatisation/ECS individuel, bouches de VMC, ...) soit à l'extérieur des logements (ascenseur, caisson de ventilation collectif, ...).

Le label BEE recherché pour le projet impose un renforcement de l'exigence minimale réglementaire concernant le traitement des parties communes.

Cette exigence a pour objectif de réduire le niveau sonore ambiant par un traitement acoustique des parties communes « La somme des aires d'absorption doit être supérieure ou égale à la moitié de la surface au sol des circulations ».

$$\sum_i A_i \geq \frac{1}{2} \times S$$

Avec :

- $A_i$  : l'aire d'absorption équivalente,  $A_i = S_i \times \alpha_i$ ,  $S_i$  étant la surface recouverte par le revêtement ( $m^2$ ) et  $\alpha_i$  l'indice d'absorption du revêtement (pris à une fréquence de 1 000 Hz) ;
- $S$  : la surface au sol de la circulation concernée.

La fiche technique d'un revêtement de faux-plafond est proposée dans le document technique DT22.

**Question 3.2.4. Calculer** le ratio de surface de revêtement acoustique à installer au plafond dans les circulations communes du projet avec l'objectif de répondre à l'exigence du label BEE.

### **Partie 3.3 : Utilisation des énergies renouvelables**

L'objectif de l'étude est de justifier l'utilisation des énergies renouvelables dans la cible 3 du label et de proposer une solution alternative pour la production d'eau chaude sanitaire.

#### **3.3.1 Étude de la solution existante de production d'eau chaude sanitaire**

**Question 3.3.1.** À partir des résultats de l'étude RT2012 présentés dans le document technique DT23, **commenter** la répartition des consommations par postes.

En complément des indicateurs Bbio et Cep, la réglementation environnementale en vigueur RE2020, prévoit un nouvel indicateur lié à l'énergie et incitant le recours aux énergies renouvelables.

**Question 3.3.2.** Indiquer quel est cet indicateur. **Préciser** son unité.

**Question 3.3.3.** À l'aide de l'extrait du CCTP lots CVC PB du document technique DT24, **présenter** la solution technique choisie pour la production d'eau chaude sanitaire et **indiquer** le lien avec la VMC. **Établir** un schéma explicatif du système installé et **commenter** le choix du fluide frigorigène vis-à-vis de l'application et de la réglementation.

#### **3.3.2 Étude d'une solution variante : production ECS collective solaire**

Afin de rendre le bâtiment plus sobre en énergie, il est proposé d'étudier une variante pour la production d'eau chaude sanitaire : production d'ECS collective par panneaux solaires thermiques.

La production d'ECS serait assurée par un ballon solaire de 1 000 litres avec appoint électrique installé en local technique (intérieur,  $T_{\text{ambiante du local}} = 18^{\circ}\text{C}$ ) et par 9 capteurs d'une surface unitaire de 2,32 m<sup>2</sup>. Les panneaux seraient installés sur la toiture, orientés 40° SUD avec une inclinaison de 18°. La température d'ECS sera de 60°C.

**Question 3.3.4.** **Compléter** le document réponse DR11 en y indiquant les besoins en ECS et le taux de couverture solaire de l'installation. **Conclure** quant à la pertinence de cette installation.

Le schéma de principe de l'installation est présenté en document technique DT25. L'installation proposée est une installation sous-pression à circulation forcée.

**Question 3.3.5.** **Proposer** une explication du principe de fonctionnement et **préciser** en quoi elle est différente d'une installation auto-vidangeable et à thermosiphon.

La distribution de l'eau chaude sanitaire est assurée via 4 réseaux secondaires bouclés nommés GT1 à 4 sur le schéma de principe. Limiter les pertes thermiques du bouclage constitue un enjeu aussi bien énergétique, sanitaire que vis-à-vis du confort. Aussi, afin de garantir l'efficacité énergétique de la distribution de chaleur, il est demandé de vérifier le dimensionnement du calorifuge sur le réseau de bouclage ECS.

Suivant la norme NF EN 12828, il est demandé d'obtenir une isolation des réseaux de classe 4, avec un isolant de coefficient  $\lambda = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  pour la température de distribution souhaitée.

**Question 3.3.6.** À l'aide du document technique DT26, **relever** l'épaisseur d'isolant pour des tronçons de réseau ayant un diamètre extérieur du conduit sans isolant de 40 mm (HTA Ø40) sur l'aller et 20 mm (HTA Ø20) sur le retour.

Afin de vérifier que les exigences de température de bouclage sont respectées, il est tout d'abord nécessaire de déterminer l'isolation des canalisations allers et retours ainsi que les coefficients de pertes thermiques (k) correspondants en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Le coefficient de pertes thermiques  $k$  en  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  d'une canalisation calorifugée peut être calculé à partir de l'équation :

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\frac{1}{\lambda_{\text{tube}}} \ln\left(\frac{D_{e\text{tube}}}{D_{i\text{tube}}}\right) + \frac{1}{\lambda_{\text{isol}}} \ln\left(\frac{D_{e\text{isol}}}{D_{i\text{isol}}}\right) + \frac{2}{h_e \cdot D_{e\text{isol}}}}$$

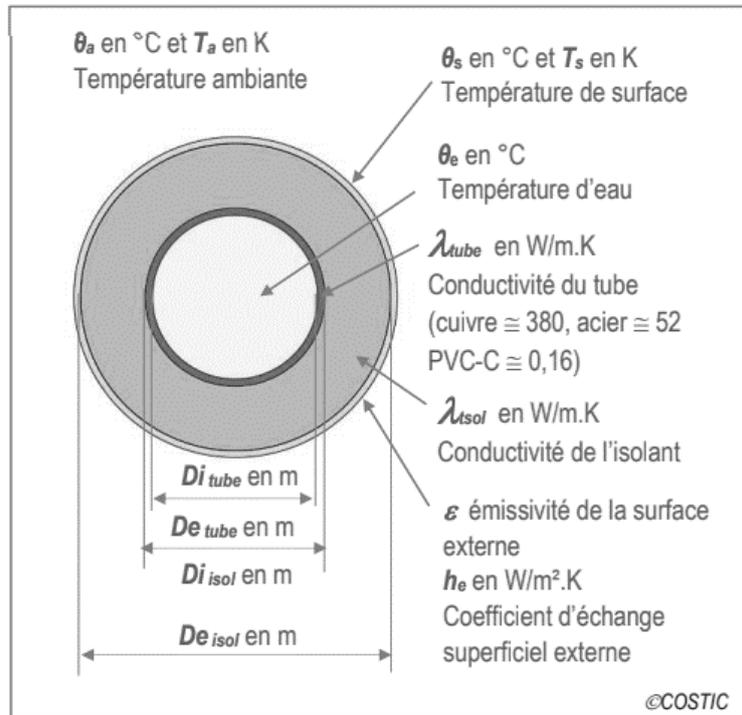


Figure 27 : paramètres pour le calcul des pertes thermiques

Le coefficient d'échange superficiel externe  $h_e$  est pris égal à  $10 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  (NF DTI 60.11 P1-2).

Il est proposé d'étudier le tronçon 1 de bouclage dont les caractéristiques sont :

| Débit d'eau (l/h)      | Température de distribution de l'ECS (°C) | Température ambiante (°C) |
|------------------------|---|---------------------------|
| 150                    | 60  | 15                        |
| Réseau Aller           |   |                           |
| Longueur du réseau (m) | Diamètre intérieur (mm)                   | Diamètre extérieur (mm)   |
| 9                      | 31  | 40                        |
| Réseau Retour          |   |                           |
| Longueur du réseau (m) | Diamètre intérieur (mm)                   | Diamètre extérieur (mm)   |
| 9                      | 15,4                                      | 20                        |

**Question 3.3.7. Calculer** le coefficient de pertes thermiques  $k$  et la perte thermique en  $W$  pour le tronçon concerné. **En déduire** la chute de température qui apparaît le long du tronçon de bouclage ECS étudié.

Lors du dimensionnement, il est demandé de limiter la chute de température au maximum à 5°C entre la sortie du générateur d'eau chaude et le point le plus défavorisé du circuit « retour ».

**Question 3.3.8. Justifier** cette exigence et **conclure** quant à son respect pour le tronçon considéré.

La boucle de transfert solaire est équipée d'un circulateur afin de mettre en mouvement le fluide caloporteur à base de monopropylène-glycol à 30%.

**Question 3.3.9.** À l'aide des documents techniques DT27 et DT28 et afin de réaliser la sélection du circulateur solaire, **déterminer** la hauteur manométrique totale nécessaire. **Procéder** à la sélection du circulateur en complétant le DR12.

**Question 3.3.10.** À l'aide du schéma de principe fourni sur le document technique DT25, **proposer** une logique de fonctionnement décrivant le pilotage de la pompe solaire en fonction des valeurs de température mesurées par les sondes  $T_{SC}$  (capteur) et  $T_{BB}$  (ballon). **Tracer** le graphe de régulation correspondant. **Proposer** un paramétrage possible de la régulation en cas de surchauffe de l'installation solaire.

### **Conclusion de l'étude 3**

L'étude a permis de vérifier et justifier les performances atteintes d'un point de vue thermique, acoustique et énergétique. Afin d'améliorer le projet et de tendre vers les exigences de la RE2020, les principaux indicateurs liés à l'énergie et au carbone ont été abordés. Ces indicateurs sont essentiels pour évaluer la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs. Cependant, un principe important n'a pas été traité dans cette analyse.

**Question 3.3.11. Indiquer** le principe et le nom de l'indicateur de la RE2020 qui n'a pas été abordé dans l'étude. **Préciser** sa définition et **justifier** en quoi il est crucial de le prendre en compte lors de la conception d'un bâtiment de logements.

**TRIBUNAL DE GRANDE INSTANCE DE DRAGUIGNAN**

EXTRAIT DU RAPPORT D'EXPERTISE

PRESENTE PAR L'EXPERT A

MONSIEUR LE PRESIDENT DU TRIBUNAL DE GRANDE INSTANCE DE DRAGUIGNAN

EN DATE DU 1<sup>er</sup> JUILLET 2019**SOMMAIRE**

1. PARTIES EN CAUSE
2. OBJET ET LIEU DU LITIGE
3. MISSION DE L'EXPERT
4. PIECES COMMUNIQUEES A L'EXPERT
5. REPONSES AUX CHEFS DE MISSION
  - a. SE RENDRE SUR LES LIEUX
  - b. PRENDRE CONNAISSANCE DES PIECES
  - c. DECRIRE LE TERRAIN ACQUIS
  - d. PROCEDRE A LA VISITE DES LIEUX
    - i. COPROPRIETE X
    - ii. PROPRIETE Y

**CONCLUSIONS****Extrait :**

---

## 2. OBJET ET LIEU DU LITIGE

## OBJET DE L'EXPERTISE

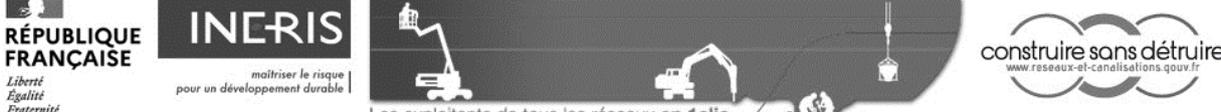
Référé préventif en vue de démolition d'un immeuble et de la construction d'un collectif de logements

## LIEU DE L'EXPERTISE :

12 Avenue des Arcs à Fréjus

## 3. MISSION DE L'EXPERT

- Se rendre sur les lieux.
- Prendre connaissance de l'ensemble des pièces contractuelles, administratives et techniques utiles à sa mission ;
- Décrire les terrains acquis par la société S.C. et leur environnement
- Visiter les immeubles des parties requises, notamment :
  - Section AC parcelle n°296, concernant le syndicat des copropriétaires M. X
  - Section AC parcelle n°290 et 292 appartenant à M. Y
- Constater et décrire l'état des propriétés tant en ce qui concerne les éléments bâtis ainsi que l'état du sol, en précisant s'ils présentent des dégradations ou désordres inhérents à leurs structures, leur mode de construction ou leur vétusté,
- Décrire les dommages qui affectent actuellement les ouvrages mitoyens ou à proximité de la zone concernée par le projet.



Les exploitants de tous les réseaux en 1clie

Rechercher

Construire sans détruire | Communication | Outils | FAQ | Contacts

Se connecter

## Téléservice "réseaux-et-canalisations"



### Bienvenue sur le téléservice "réseaux-et-canalisations"

Depuis le 1er septembre 2011, les exploitants de réseaux peuvent enregistrer sur ce téléservice leurs coordonnées et y référencer leurs ouvrages afin de prévenir leurs endommagements lors de travaux tiers réalisés à proximité.

Depuis le 1er juillet 2012, la consultation du téléservice est obligatoire pour les maîtres d'ouvrage et les entreprises de travaux qui envisagent de réaliser des travaux. Ils peuvent consulter gratuitement ce téléservice afin d'élaborer leurs déclarations de travaux.

## Travailler à proximité de réseaux ne s'improvise pas

Le téléservice "réseaux-et-canalisations" est votre meilleur allié pour votre sécurité.

Vous êtes une collectivité territoriale, un maître d'ouvrage, un maître d'œuvre, un exploitant de réseaux, une entreprise du bâtiment ou de travaux publics, un agriculteur, un particulier... et vous avez des projets de travaux de terrassement, de sondage, de génie agricole..., le téléservice [reseaux-et-canalisations.gouv.fr](http://reseaux-et-canalisations.gouv.fr) vous permet alors d'identifier gratuitement les exploitants de réseaux concernés par vos travaux et auprès desquels vous devez déclarer vos travaux.

### CONNEXION / INSCRIPTION

Vous êtes :

- Responsable de projet
- Exécutant de travaux
- Particulier
- Exploitant de réseaux
- Collectivité territoriale
- Opérateur Télécom

### ACTUALITÉS

Redevance 2024 : rappel du calendrier  
13/12/2023

1. Pré-positionnement | 2. Tracer l'emprise de mon chantier | 3. Opérations

Adresse du chantier: Taradeau, 83460 Taradeau

Couches disponibles: Limites administratives, Réseau ferroviaire, Routes, Hydrographie, Bâtiments, Parcelles cadastrales, Cartes IGN, Photographies...

Informations: Système géodésique: WGS84, Echelle: 1 / 1344 e, Latitude: 43.454777, Longitude: 6.427724, Commune: 83490 Taradeau, Surface: 5521 m²

Validation de l'emprise du chantier

Mon dossier de consultation concerne :

- Une DT (Déclaration de Projet de Travaux)
- Une DICT (Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux)

Numéro de consultation de la DT:

Ce numéro vous est fourni par le téléservice

- Une DT/DICT conjointe
- Un Avis de Travaux Urgents

Date de dernière mise à jour du contenu éditorial : 13/12/2023

Contacts | Mentions légales | Plan du site | Crédits photos | Activer la version Conception Ineris 2011. Tous droits réservés



**EXEMPLES D'APPLICATION DE L'ARRÊTÉ DU 16 SEPTEMBRE 2003 PORTANT SUR LES CLASSES DE PRÉCISION APPLICABLES AUX CATÉGORIES DE TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES RÉALISÉS PAR L'ÉTAT, LES COLLECTIVITÉS LOCALES ET LEURS ÉTABLISSEMENTS PUBLICS OU EXÉCUTÉS POUR LEUR COMPTE**

**Classe de précision planimétrique interne**

La précision interne est évaluée par comparaison des coordonnées obtenues à l'issue des calculs de compensation effectués en réseau libre. Dans ce calcul, on considère comme inconnues les coordonnées des points du réseau d'appui (sauf un point dont les coordonnées seront arbitrairement imposées, ainsi qu'une orientation). On ne demande d'ailleurs pas aux calculs de déterminer ces inconnues. On recherche ensuite, par moindres carrés, la translation et la rotation d'ensemble du chantier à appliquer au « réseau libre » pour que les coordonnées ainsi obtenues soient aussi proches que possible de celles des N points ayant fait l'objet de contrôles.

On obtient ainsi une série d'écarts :

$$E_i = \sqrt{(x_{\text{contrôle}} - x_{\text{objet}})^2 + (y_{\text{contrôle}} - y_{\text{objet}})^2}$$

dont on prend la moyenne :

$$E_{m_p} = \frac{\sum(E_i)}{N}$$

Si l'on travaille uniquement en planimétrie, avec donc  $k = 2,42$ , et un coefficient de sécurité des mesures de contrôles  $C = 2$  (mesures de contrôles de classe deux fois plus précise que la classe de précision [xx] visée), on procède alors aux 3 tests suivants :

**TEST A :**

L'écart moyen en position «  $E_{m_p}$  » de l'échantillon doit être inférieur à  $[xx] \cdot (1 + \frac{1}{2c^2})$  ;

**TEST B :**

Parmi les N points testés, un nombre N' ne peut dépasser la valeur :

$$T = k \cdot [xx] \cdot (1 + \frac{1}{2c^2})$$

avec N' l'entier immédiatement supérieur à :  $0,01 \cdot N + 0,232 \cdot \sqrt{N}$  , sachant que si  $N < 5$ ,  $N' = 0$  ;

**TEST C :**

Aucun écart en position  $E_i$  dans l'échantillon n'excède :

$$1,5 \cdot k \cdot [xx] \cdot (1 + \frac{1}{2c^2})$$

**Conclusion :** Si ces trois conditions sont vérifiées, alors les erreurs internes sont de classe [xx].

**1- Valeurs caractéristiques de la neige au sol**

$S_k$  : charge caractéristique de neige sur le sol à l'emplacement considéré ( $\text{kN/m}^2$ ).

A : altitude du site, au-dessus du niveau de la mer, où la construction est prévue ou existe.

s : charge de neige sur une toiture

$\mu$  : coefficient de forme : caractéristique de la forme de la toiture

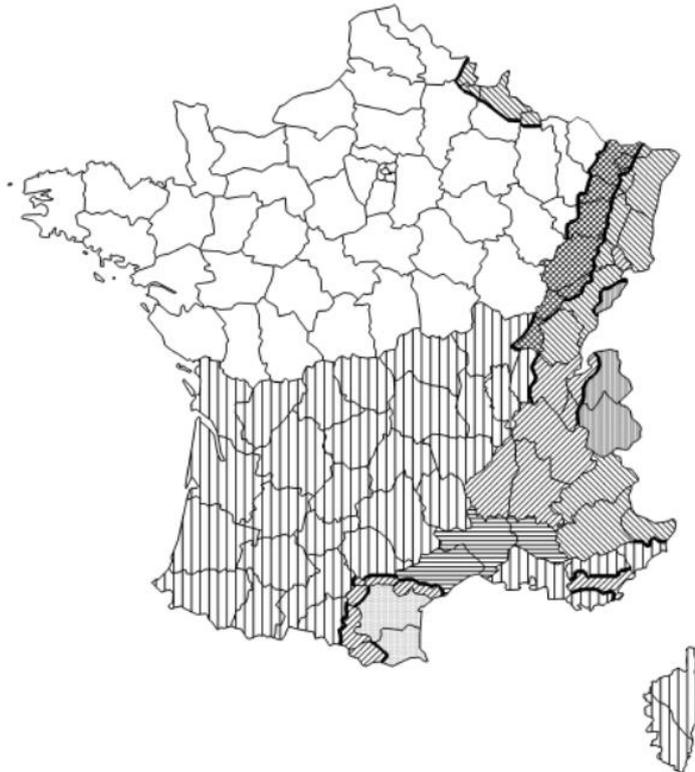
La charge de neige sur le sol  $S_k$  par unité de surface horizontale est fonction de la localisation géographique et de l'altitude du lieu considéré.

Pour la zone E :  $S_k = S_0 + DS_2$

Pour toutes les autres zones :  $S_k = S_0 + DS_1$

**2- Charges de neige sur les toitures**

2.1. Définition des régions



| Régions :   | A1           | A2   | B1   | B2   | C1   | C2   | D    | E            |
|---|--------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Valeur caractéristique ( $S_k$ ) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m : | 0,45         | 0,45 | 0,55 | 0,55 | 0,65 | 0,65 | 0,90 | 1,40         |
| Valeur de calcul ( $S_{Ad}$ ) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol :                       | —            | 1,00 | 1,00 | 1,35 | —    | 1,35 | 1,80 | —            |
| Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 :                    | $\Delta s_1$ |      |      |      |      |      |      | $\Delta s_2$ |

(charges en  $\text{KN/m}^2$ )

**2.2. Définition de la charge sur toiture**

La charge de neige normale à considérer avec et sans accumulation est :  $S = \mu_i \cdot S_k$

**2.3. Coefficients  $\mu_i$  pour une toiture sans dispositif de retenue de la neige.**

| Angle $\alpha$ du toit (degré)         | $0 < \alpha \leq 30$     | $30 < \alpha \leq 60$    | $\alpha \geq 60$ |
|--|--------------------------|--------------------------|------------------|
| $\mu_1$ (toiture à 1 ou 2 versants)    | 0,8                      | $0,8 (60 - \alpha) / 30$ | 0                |
| $\mu_2$ (toiture à versants multiples) | $0,8 + (0,8\alpha / 30)$ | 1,6                      |                  |

**2.4. Majoration de la charge de neige sur zone à faible pente.**

Lorsque la toiture présente des zones de faible pente (inférieure ou égale à 3%), il y a lieu, pour tenir compte de l'augmentation de la densité de la neige résultant des difficultés d'évacuation de l'eau, de majorer la charge de neige S sur la toiture de

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| Pente nominale du fil de l'eau   | pente $\leq 3\%$         |
| Majoration de la charge de neige | $s = 0,2 \text{ kN/m}^2$ |

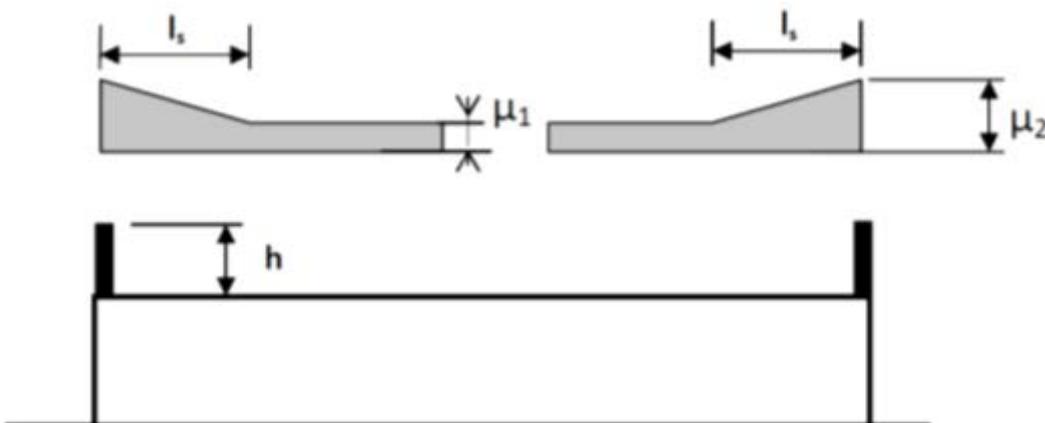
**3. Effets locaux, cas de 2 acrotères :**

Il convient d'adopter les valeurs suivantes pour des toitures quasi horizontales :

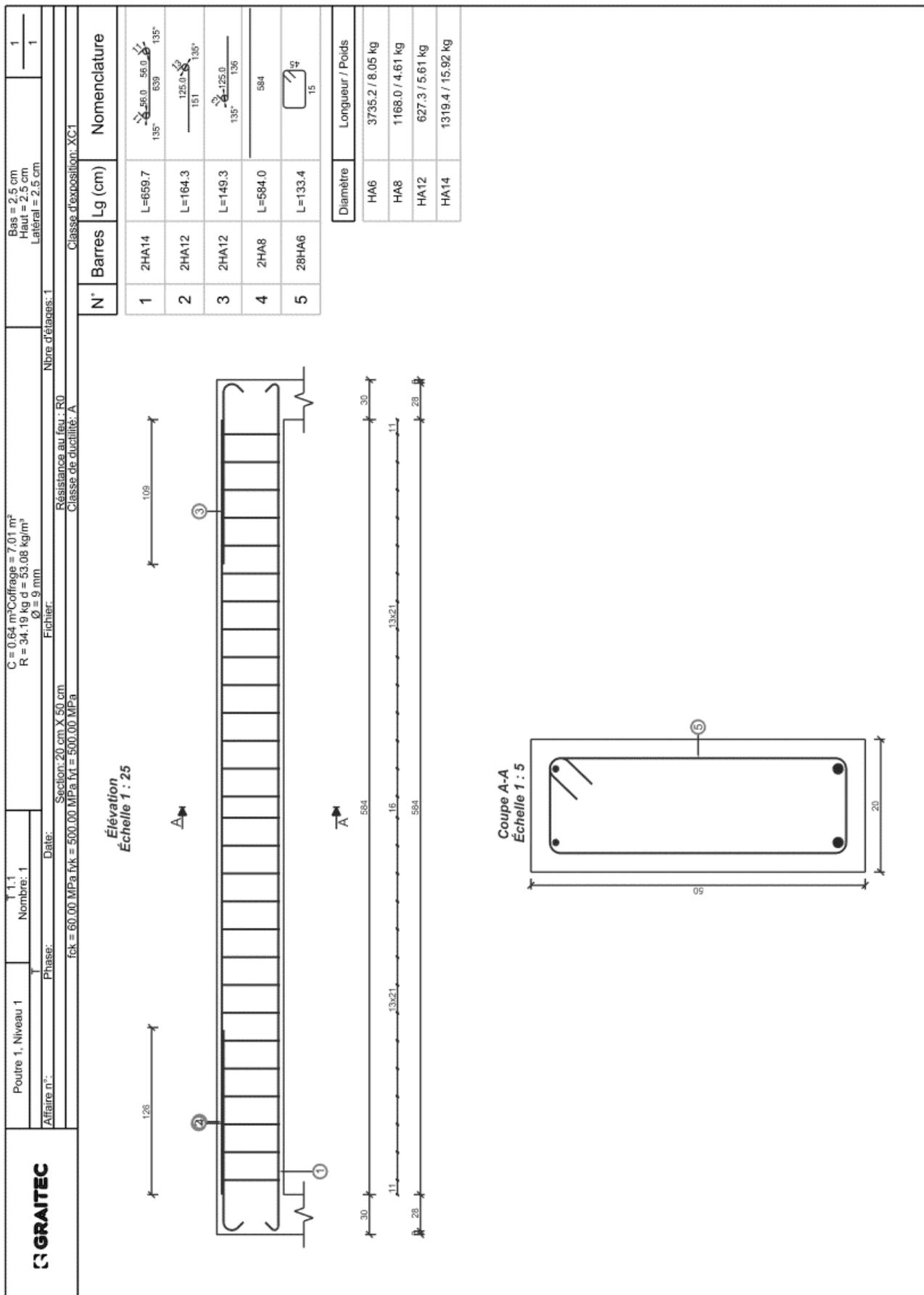
$\mu_1 = 0,8$   $\mu_2 = \gamma \cdot h / S_k$  avec la limitation :  $0,8 \leq \mu_2 \leq 1,6$

$\gamma$  est le poids volumique de la neige :  $\gamma = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$

$l_s = 2 \cdot h$  avec la limitation  $5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$







# Document technique DT07 : Extrait de la note de calcul de fibre de carbone

## 1. CRITÈRE ET RÈGLES DE CALCUL

Renforcement PRFC en flexion de la poutre

Concrete Society Technical Report No. 55 (TR 55): design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials, Third Edition 2012.

EN 1992-1-1. Eurocode 2: Calcul des structures en béton armé - Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments

Pays: France

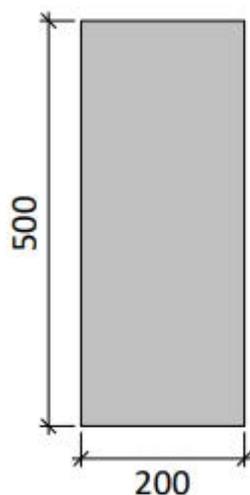
## 2. HYPOTHÈSES DE CALCUL

### 2.1. Géométrie

Section transversale = Rectangulaire

Largeur = 200 mm

Hauteur = 500 mm



### 2.2. Béton

Résistance en compression du béton

Résistance du béton ( $f_{cd}$ ) = 35 MPa

Eprouvette cylindrique = 35 MPa

Eprouvette cubique = 45 MPa

### 2.3. Armatures en acier

Couches de renforcement

| Couche inférieure | $d_1$ mm | Acier $f_{yk}$ (MPa) | $E_s$ (MPa) | Numéro x $\varnothing$ (mm) |
|-------------------|----------|----------------------|-------------|-----------------------------|
| 1.                | 30       | (B500) 500           | 200000      | 2 x 14.0                    |

### 2.4. Coefficients partiels de sécurité

Défini par (Eurocode)

Béton

$\gamma_c$  (Fondamental) = 1.50

$\gamma_c$  (Accidentel) = 1.20

$$\gamma_c (\text{Feu}) = 1.00$$

$$\alpha_{cc} = 1.00$$

Acier

$$\gamma_s (\text{Fondamental}) = 1.15$$

$$\gamma_s (\text{Accidentel}) = 1.00$$

$$\gamma_s (\text{Feu}) = 1.00$$

### 2.5. Coefficients de pondération des charges

| Combinaisons Eurocode par défaut | Charges permanentes | Charges d'exploitation |
|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Nouvelles charges du projet      | 1.35                | 1.50                   |
| Rupture du renfort PRFC          | 1.00                | 0.50                   |
| Situation d'incendie             | 1.00                | 0.30                   |
| ELS, caractéristique             | 1.00                | 1.00                   |

Catégorie A : habitation, zones résidentielles

$$\psi_1 = 0.5$$

$$\psi_2 = 0.3$$

## 3. RÉSISTANCE DU PRFC

### 3.1. Renfort PRFC principal

Simplement collé. Sika CarboDur® S

| Sika® CarboDur® S512 | Type de fibre | Coefficients partiels de sécurité   | $\varepsilon_{sk}$ | $E_{sk}$<br>(MPa) | $t_r$<br>(mm) | Numéro | Largeur<br>(mm) |
|----------------------|---------------|---|--------------------|-------------------|---------------|--------|-----------------|
| Couche: 1            | Carbone       | $\gamma_{imp,s}: 1.10, \gamma_{imp,m}: 1.05, \gamma_{imp,c}: 1.25, \gamma_{sk}: 4.00$ | 0.0176             | 165000.00         | 1.200         | 1      | 50.00           |

## 4. COMBINAISONS DE CHARGES ATTENDUES

### 4.1. Charges initiales

$$(\text{Positif}) M_i : \underline{35.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### 4.2. Charges attendues (conception du renforcement)

Charges permanentes

$$(\text{Positif}) M_a : \underline{33.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Charges d'exploitation

$$(\text{Positif}) M_q : \underline{15.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

## 5. RÉSULTATS

### 5.1. Résumé des résultats

| Charges attendues à l'ELU                        |                 |                 |   |
|--|-----------------|-----------------|---|
| chargement                                       | $M_{Ed}$ (kN·m) | $M_{Rd}$ (kN·m) | $M_{Rd} \geq M_{Ed}$ ( $N_{Ed} = N_{Rd}$ )  |
| $S_{Ed} = 1.35 \cdot S_{0i} + 1.50 \cdot S_{0q}$ | 68.63           | 91.67           | Section renforcée<br>$91.67 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 68.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓ |

| Etats limite de service                          |                                  |
|--|----------------------------------|
| chargement                                       | Contraintes de service           |
| $S_{Ed} = 1.00 \cdot S_{0d} + 1.00 \cdot S_{0q}$ | $\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$ |
|  | 353.56 MPa $\leq$ 400.00 MPa ✓   |

**5.2. Etats Limites Ultime**

Lorsque la section transversale est analysée pour déterminer sa résistance au moment ultime, les hypothèses suivantes devraient être faites:

La distribution des déformations dans le béton en compression et les déformations dans les armatures, que ce soit en traction ou compression, proviennent de l'hypothèse que les sections restent planes et qu'aucun glissement longitudinal ne se produit entre ou à l'intérieur des éléments de la section.

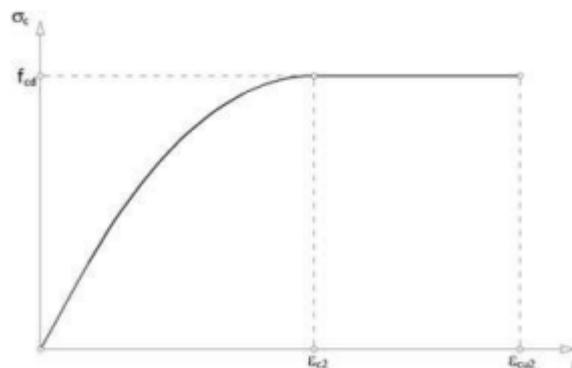
Les contraintes dans le béton en compression proviennent de la courbe contrainte-déformation dans le paragraphe 3.1.7 de la norme EN 1992-1-1.

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right] \text{ for } 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \text{ for } \epsilon_{c2} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2}$$

avec

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$



| $f_{cd}$<br>(MPa) | $\epsilon_{c2}$ | $\epsilon_{cu2}$ | n |
|-------------------|-----------------|------------------|---|
| 23.3              | 0.0020          | 0.0035           | 2 |

La résistance en traction du béton est négligée.

Les contraintes dans les armatures internes proviennent des courbes de contrainte-déformation dans le paragraphe 3.2 de la norme EN 1992-1-1.

# Document technique DT08 : Répartition des contraintes – Extrait de la note de calculs fibre de carbone

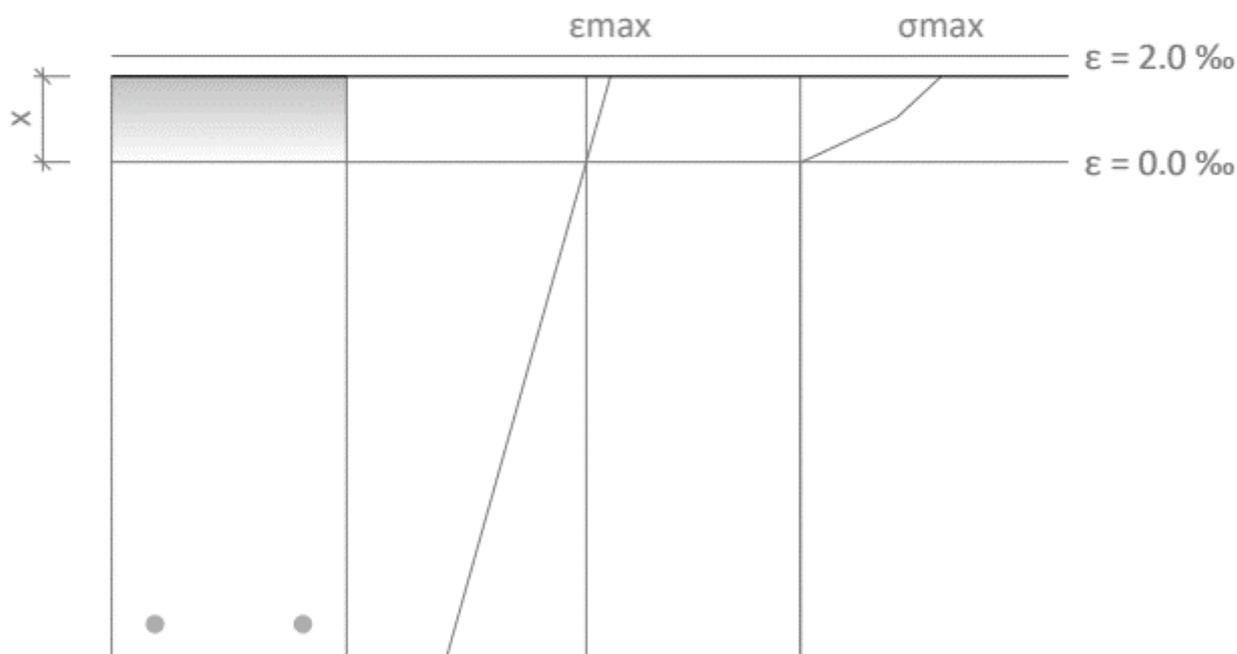
Section renforcée et charges attendues.

$$S_{ed} = 1.35 \cdot S_G + 1.50 \cdot S_Q$$

$$M_{ed} \geq M_{rd}$$

$$91.67 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 68.63 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

$$M_{ed} : \underline{91.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$\epsilon_{min}$   
 Déformation minimale et maximale  $\epsilon_{max} = 1.61 \text{ ‰}$   
 $\epsilon_{min} = -9.36 \text{ ‰}$   
 Contrainte maximale dans le béton  $f_c = 22.46 \text{ MPa}$   
 Profondeur de la fibre neutre  $x = 73.46 \text{ mm}$

| Contrainte et déformation des armatures |               |          |                |
|---|---------------|----------|----------------|
| Réf.                                    | Coord. Y (mm) | f (MPa)  | $\epsilon$ (‰) |
| No. 14                                  | -220          | -434.78  | -8.70          |
| FRP                                     | -251          | -1137.14 | -7.96          |

**Technique d'exécution du tirant**

- Foration destructive Ø 140 mm au marteau fond de trou à l'aide d'une foreuse hydraulique
- Remplissage du forage à l'aide d'un coulis de ciment C/E = 2 - INJEKTIS
- Mise en place de l'armature en Dywidag 32 mm équipée de centreurs et protégée sur la partie libre par un PVC ainsi que de son système d'injection
- Injection gravitaire

**Définition de la traction du tirant**

Selon les données géotechniques du rapport de sol et les recommandations de l'Eurocode, la traction limite  $T_u$  du scellement est estimée avec les paramètres suivants :

$$T_u = \alpha \times \pi \times D_s \times \sum_i L_{s_i} \times q_{s_i}$$

Avec  $D_s$  : diamètre de calcul du bulbe de scellement  
 $D_f$  : diamètre de forage

$\alpha$  : coefficient majorateur en fonction des terrains et type d'injection pris égal à 1,10

$L_{s_i}$  : longueur de scellement

$q_{s_i}$  : frottement latéral limite

**Caractéristiques de l'armature Diwidag 32 WR**

Diamètre nominal Ø 32 mm

Diamètre extérieur : 35,9 mm

Section nominale  $S_n$  : 804 mm<sup>2</sup>

Module de Young  $E$  : 210 000 MPa

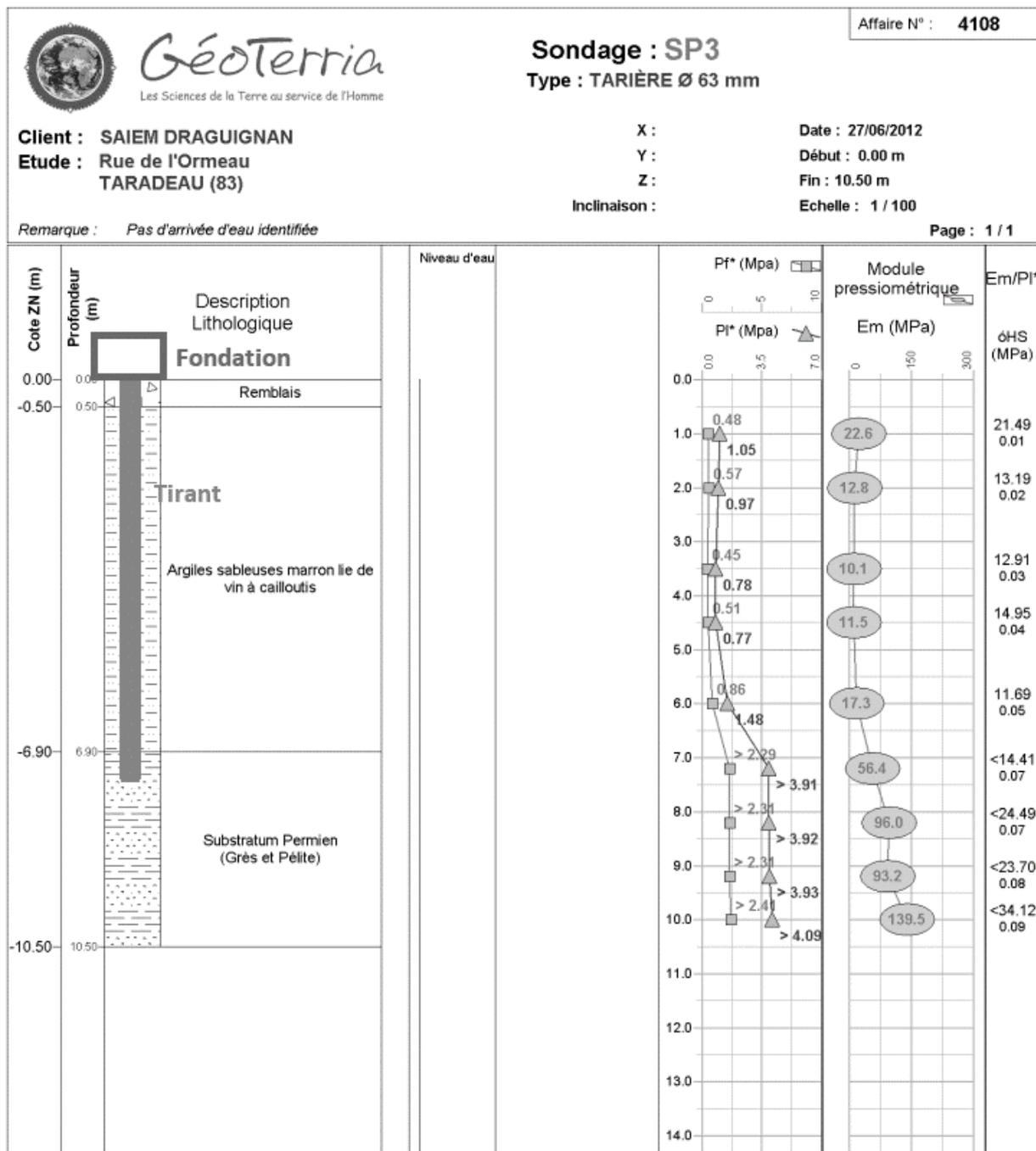
Contrainte à la limite élastique  $\sigma_e$  : 950 MPa

Contrainte à la rupture  $\sigma_r$  : 1 050 MPa

**Géométrie du tirant**

Les principales caractéristiques géométriques du tirant d'essai sont résumées dans le tableau ci-dessous :

| Désignation | Armatures Barres Diwidag | Diamètre de forage (mm) |
|-------------|--------------------------|-------------------------|
| TE          | Ø 32 WR                  | 140                     |



**Définition des données géotechniques :**

Qs Remblais = 50 kPa

Qs Argiles = 150 kPa

Qs Substatum Permien = 250 kPa

# Document technique DT11 : Diagramme du moment fléchissant sur la structure isostatique associée

Diagramme  $M^o$  portique isostatique

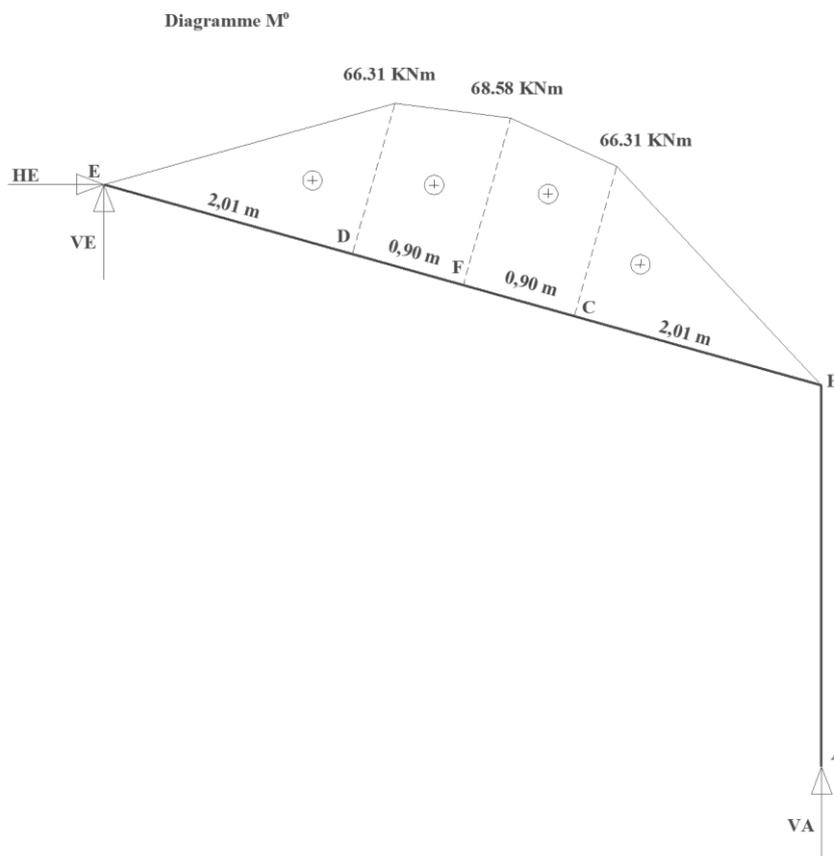
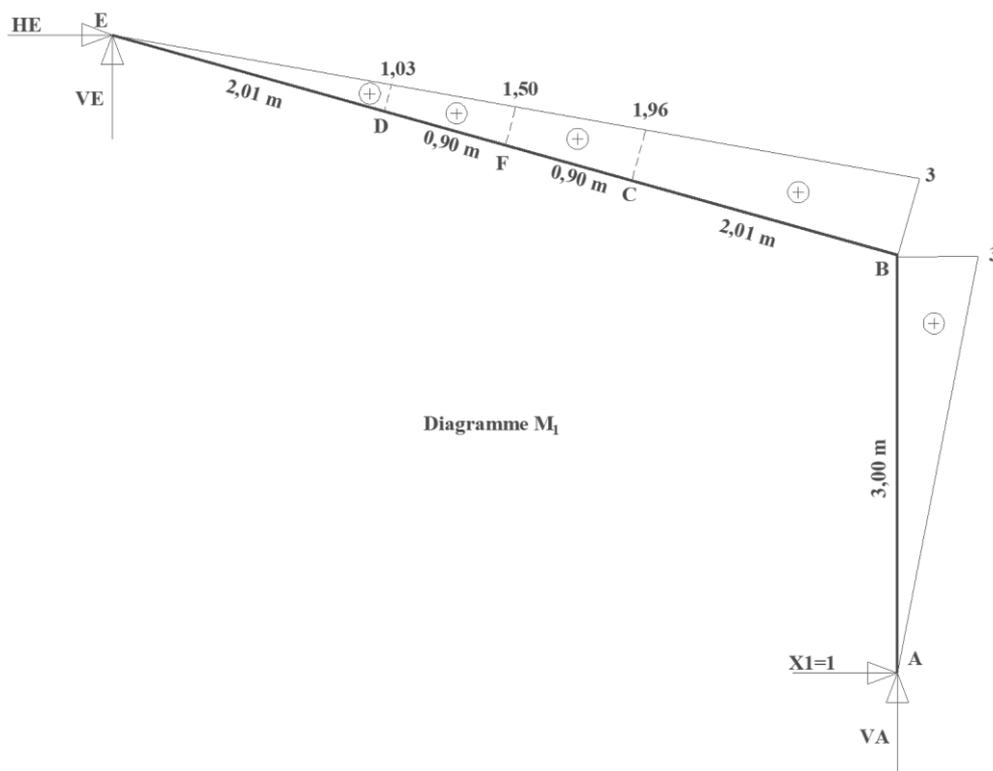


Diagramme  $M_1$  portique sous charge unitaire



On donne :  $\delta_{11}X_1 + \delta_{10} = 0$  et  $\delta_{01} = 385,91$

**INTÉGRALES DE MOHR**

**Tableau des intégrales de MOHR :**  $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) \times dx$

|          |                                 |                                  |  |   |   |  |  |  |  |  |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|--|---|---|--|--|--|--|--|
| $m_j(x)$ |                                 |                                  |  |   |   |  |  |  |  |  |
| $m_i(x)$ |                                 |                                  |  |   |   |  |  |  |  |  |
|          | $LM_i M_j$                      | $\frac{1}{2} LM_i M_j$           | $\frac{1}{2} LM_i (M_j + M'_j)$  | $\frac{2}{3} LM_i M_j$                                | $\frac{2}{3} LM_i M_j$                                | $\frac{1}{2} LM_i M_j \times \left(1 + \frac{3x'}{L}\right)$   |
|          | $LM_i M_j$                      | $\frac{1}{3} LM_i M_j$           | $\frac{1}{6} LM_i (2M_j + M'_j)$   | $\frac{5}{12} LM_i M_j$                               | $\frac{5}{12} LM_i M_j$                               | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times (3M_j + 5M'_j)$  |
|          | $\frac{1}{2} LM_i M_j$          | $\frac{1}{6} LM_i M_j$           | $\frac{1}{6} LM_i (M_j + 2M'_j)$   | $\frac{1}{4} LM_i M_j$                                | $\frac{1}{4} LM_i M_j$                                | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times (5M_j + 3M'_j)$  |
|          | $\frac{1}{2} LM_i (M_j + M'_j)$ | $\frac{1}{6} LM_i (2M_j + M'_j)$ | $\frac{1}{6} L \left( \frac{2M_i M_j + M_i M'_j}{M_i M_j + 2M_i M'_j} \right)$ | $\frac{1}{3} LM_i M_j \left(1 + \frac{3x'}{L}\right)$ | $\frac{1}{3} LM_i M_j \left(1 + \frac{3x'}{L}\right)$ | $\frac{1}{6} LM_i M_j \times \left[ \left(1 + \frac{3x'}{L}\right) + M'_j \left(1 + \frac{x'}{L}\right) \right]$ | $\frac{1}{6} LM_i M_j \times \left[ \left(1 + \frac{3x'}{L}\right) + M'_j \left(1 + \frac{x'}{L}\right) \right]$ | $\frac{1}{6} LM_i M_j \times \left[ \left(1 + \frac{3x'}{L}\right) + M'_j \left(1 + \frac{x'}{L}\right) \right]$ | $\frac{1}{6} LM_i M_j \times \left[ \left(1 + \frac{3x'}{L}\right) + M'_j \left(1 + \frac{x'}{L}\right) \right]$ | $\frac{1}{6} LM_i M_j \times \left[ \left(1 + \frac{3x'}{L}\right) + M'_j \left(1 + \frac{x'}{L}\right) \right]$ |
|          | $\frac{1}{2} LM_i M_j$          | $\frac{1}{4} LM_i M_j$           | $\frac{1}{4} LM_i (M_j + M'_j)$  | $\frac{17}{48} LM_i M_j$                              | $\frac{17}{48} LM_i M_j$                              | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}\right)$                                 | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}\right)$                                 | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}\right)$                                 | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}\right)$                                 | $\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}\right)$                                 |
|          | $\frac{1}{2} LM_i M_j$          | $\frac{1}{4} LM_i M_j$           | $\frac{1}{4} LM_i (M_j + M'_j)$  | $\frac{7}{48} LM_i M_j$                               | $\frac{7}{48} LM_i M_j$                               | $\frac{1}{48} LM_i M_j \times \left(3x' + \frac{x'^2}{L}\right)$   |

Dans le tableau,  $M_i, M_j, M'_i, M'_j$ , sont les extremums des fonctions  $m_i(x)$  et  $m_j(x)$ . Ils sont à prendre en valeurs algébriques.

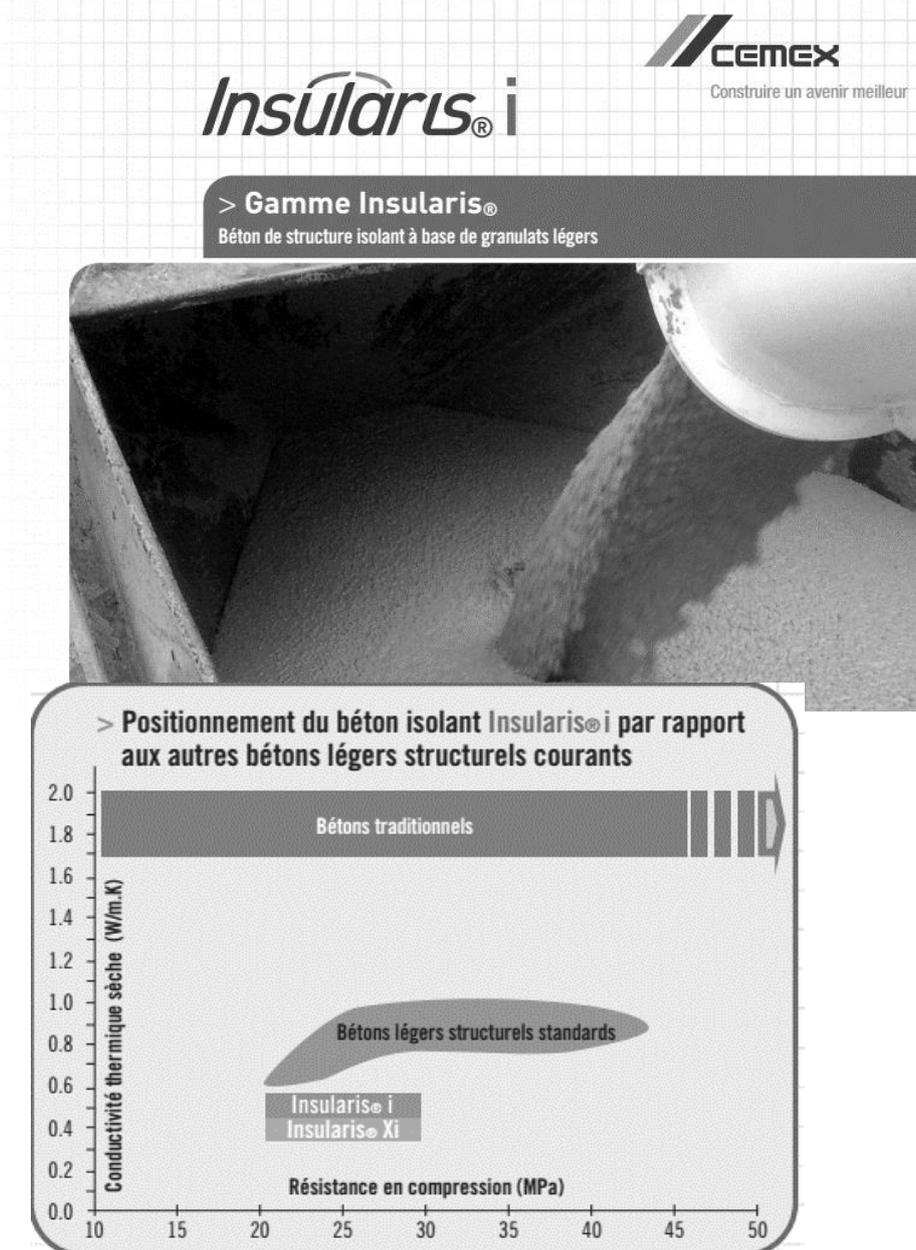


Figure 1 : positionnement du béton isolant Insularis® i par rapport aux autres bétons légers structurels courants

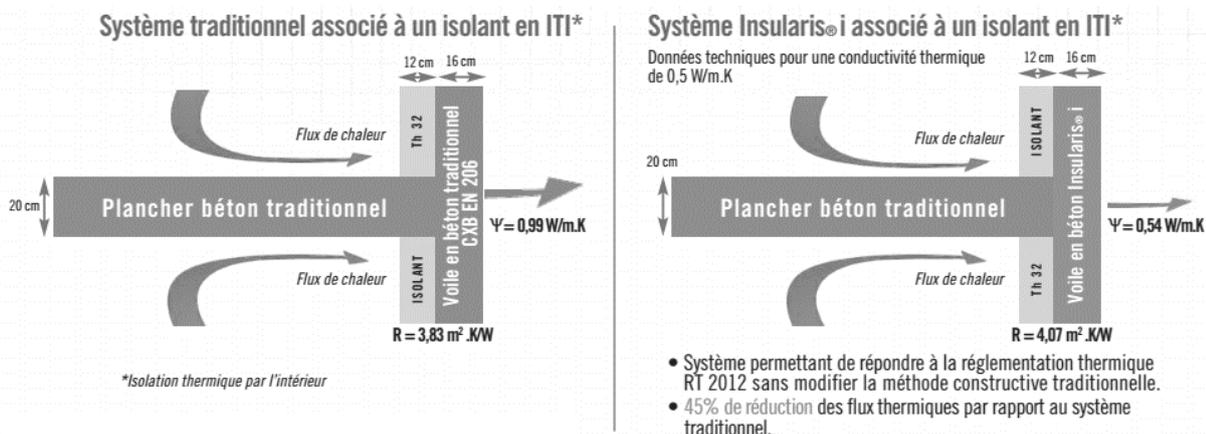


Figure 2 : vues en coupes pour deux systèmes ( $\Psi$  : coefficient de transmission thermique linéique des liaisons)

- Composition des planchers :

**9. Paroi 07 / Plancher Bas R+1 extérieur**

Code : 07  
 Désignation : Plancher Bas R+1 extérieur  
 Descriptif : Dalle béton + isolant en sous face de la dalle  
 Type : Plancher intérieur (A4) Ri+Re : 0,34 m<sup>2</sup>.°C/W  
 Type de Plancher : Autre

Détail du calcul du U : U calculé : 0,267 W/m<sup>2</sup>.°C

| Désignation                          | Epaisseur cm | Lambda W/m.°C | Résistance m <sup>2</sup> .°C/W | Proportion % | Type   | Numero         |
|--------------------------------------|--------------|---------------|---------------------------------|--------------|--------|----------------|
| Plancher - dalle béton granula 23 cm | 23,0         |               | 0,260                           | 100          | ThU    |                |
| Fibra Ultra+ FM                      | 11,5         |               | 3,150                           | 100          | ACERMI | 03/007/3<br>12 |

**10. Paroi 06 / Plancher Haut R+2 Logements**

Code : 06  
 Désignation : Plancher Haut R+2 Logements  
 Descriptif : Dalle béton + Isol sur face  
 Type : Plafond intérieur (A2) Ri+Re : 0,2 m<sup>2</sup>.°C/W  
 Type de Plafond : Autre plafond

Détail du calcul du U : U calculé : 0,144 W/m<sup>2</sup>.°C

| Désignation                  | Epaisseur cm | Lambda W/m.°C | Résistance m <sup>2</sup> .°C/W | Proportion % | Type   | Numero         |
|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------------|--------------|--------|----------------|
| Plancher - dalle béton 20 cm | 20,0         |               | 0,260                           | 100          | ThU    |                |
| IBR Revêtu Kraft 26 cm       | 26,0         | 0,040         | 6,500                           | 100          | ACERMI | 02/018/0<br>52 |

- Plancher intermédiaire : dalle béton sans isolation

- Saisie des mètres :

| Désignation   | Longueur en m |
|---|---------------|
| P th. Angle de 2 murs rentrant                          | 21            |
| P th. Mur Ext./Plancher bas logements                   | 106           |
| P th. Mur Ext./Plancher intermédiaire logements         | 106           |
| P th. Mur Ext./ Plancher intermédiaire logements Balcon | 59            |
| P th. Mur Ext./Plancher haut logements                  | 134           |
| P th. Mur Ext./Refend                                   | 25            |

- Surface du bâtiment SRT = 948 m<sup>2</sup>

## Document technique DT14 : Extrait du calcul des ponts thermiques pour le béton Insularis

Cas courants – ITI – Isolant façade Th32 épaisseur 120 mm

| Cas Th-U  | Désignation   | Isolant                  | Insularis i  | Insularis Xi   | Nature des locaux extérieurs            |
|-----------|---|--------------------------|--|--|---|
|           |   |                          | $\lambda_{\text{béton}} = 0,54$<br>W/m·°C<br>Th32 ép 120 | $\lambda_{\text{béton}} = 0,43$<br>W/m·°C<br>Th32 ép 120 |   |
|           |   |                          | $\Psi$   | $\Psi$   |   |
| ITI 1.2.1 | Plancher bas sur ext., Inc* ou vs                                       | Sous dalle               | 0,48   | 0,43   | Ext. Côté façade + Inc ou vs sous dalle |
| ITI 1.2.4 | Plancher bas sur ext., Inc ou vs  | Sous dalle et sous chape | 0,10   | 0,10   | Ext. Côté façade + Inc ou vs sous dalle |
| ITI 1.2.6 | Plancher bas sur ext., Inc ou vs  | Sous chape               | 0,05   | 0,05   | Ext. Côté façade + Inc ou vs sous dalle |
| ITI 2.1.1 | Plancher intermédiaire sur ext. ou Inc                                  | Façade                   | 0,56   | 0,49   | Ext.                                    |
| ITI 2.1.2 | Plancher intermédiaire sur ext. ou Inc                                  | Façade et sous chape     | 0,53   | 0,47   | Ext.                                    |
| ITI 2.2.1 | Plancher intermédiaire sur ext. avec balcon béton et chaînage insularis | Façade                   | 0,56   | 0,49   | Ext.                                    |
| ITI 3.1.1 | Plancher haut acrotère sur ext.   | Façade et terrasse       | 0,51   | 0,45   | Ext.                                    |
| ITI 4.2.1 | Angle rentrant  | Façade                   | 0,08   | 0,07   | Ext.                                    |
| ITI 4.3.1 | Refend  | Façade                   | 0,56   | 0,49   | Ext.                                    |

\*Inc : locaux non chauffés

#### 4.1. Ration de transmission thermique linéique moyen global

Le ratio de transmission thermique linéique moyen global des ponts thermiques, nommé Ratio  $\Psi$ , traduit les déperditions par transmission, à travers tous les ponts thermiques des liaisons. Il s'exprime en Watt par m<sup>2</sup> de surface SRT et par degré Kelvin d'écart de température. Le Ratio  $\Psi$  est calculé d'après la formule ci-après et doit être exprimé avec deux chiffres significatifs :

$$Ratio_{\Psi} = \frac{\sum \psi \times l}{SRT} \quad \text{W/(m}^2 \cdot \text{SRT} \cdot \text{K)} \quad (1)$$

Avec

$\Psi$  Le coefficient de transmission linéique du pont thermique de liaison entre au moins deux parois dont l'une au moins est en contact avec l'extérieur ou avec une ambiance non chauffée. Il est déterminé d'après le fascicule ponts thermiques des présentes règles et s'exprime en W/(m.K).

$l$  le linéaire du pont thermique de liaison correspondant, en m.

SRT Surface Thermique au sens de la RT, telle que définie dans l'arrêté correspondant .

#### 4.2. Coefficient de transmission thermique $\Psi_9$

$\Psi_9$  est le coefficient de transmission thermique linéique moyen des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé.

Il se calcule d'après la formule ci-après et doit être exprimé avec deux chiffres significatifs :

$$\psi_9 = \frac{\sum \psi \times l}{\sum l} \quad \text{en W/(m.K)} \quad (2)$$

Avec

$\Psi$  le coefficient de transmission linéique du pont thermique de liaison entre un plancher intermédiaire et un mur. Il est déterminé d'après le fascicule ponts thermiques des présentes règles et s'exprime en W/(m.K).

$l$  le linéaire du pont thermique de liaison correspondant, en m.

#### Exigences de moyens de la RT2012 :

- Isolation des parois séparant les parties de bâtiments à occupation continue de parties de bâtiment à occupation discontinue,  $U \leq 0,36 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ) en moyenne ;
- Ratio de transmission thermique linéique moyen global des ponts thermiques du bâtiment,  $Ratio_{\Psi} \leq 0,28 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}_{\text{SHON RT}} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
- Coefficient de transmission thermique linéique moyen  $\Psi_9$  des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé :  $\Psi_9 \leq 0,60 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ).

## Document technique DT16 : FDES – Isolant Polyplac Phonik B 4,10 13+120, Knauf

Extraits de la fiche de déclaration environnementale et sanitaire du complexe de doublage Knauf Polyplac Phonik B4,10 13+120 (norme NF EN 15804+A1 et NF EN 15804/CN)

### Description de l'unité fonctionnelle et du produit

- Description de l'unité fonctionnelle : Assurer une fonction de doublage, isolation et parement de finition, sur un m<sup>2</sup> de mur intérieur en béton ou en maçonnerie, sous forme de complexe rigide d'épaisseur 13+120mm, de résistance thermique R= 4,10 m<sup>2</sup>. K/W, destiné à recevoir tout type de finition, pendant une durée de vie de référence de 50 ans.
- Description du produit : Panneau complexé conforme à la norme NF EN 13950.
- Description de l'usage du produit (domaine d'application) : Complexe de doublage Phonik.
- Autres caractéristiques techniques non incluses dans l'unité fonctionnelle : Réaction au feu B-s1, d0.
- Description des principaux composants et/ou matériaux du produit : Gypse naturel, carton, polystyrène expansé gris.

| Catégorie d'Impacts / Flux  | Total Etape de Production | Total Etape de Mise en Œuvre | Total Etape d'utilisation | Total Etape de Fin de vie | Total du Cycle de Vie |
|---|---------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Réchauffement Climatique kg CO2 eq/UF   | 9,35                      | 0,790                        | 0                         | 5,43E-02                  | 10,2                  |
| Appauvrissement de la couche d'ozone kg CFC11 eq/UF   | 1,10E-06                  | 2,89E-07                     | 0                         | 3,98E-08                  | 1,43E-06              |
| Acidification des sols et de l'eau kg SO2 eq/UF   | 1,81E-02                  | 2,90E-03                     | 0                         | 4,59E-04                  | 2,15E-02              |
| Eutrophisation kg (PO4)3- eq/UF   | 3,03E-03                  | 5,00E-04                     | 0                         | 9,81E-05                  | 3,63E-03              |
| Formation d'ozone photochimique Ethene eq/UF  | 8,74E-02                  | 4,49E-03                     | 0                         | 2,64E-05                  | 9,19E-02              |
| Epuisement des ressources abiotiques (éléments) kg Sb eq/UF                                       | 8,74E-05                  | 4,37E-06                     | 0                         | 1,16E-09                  | 9,18E-05              |
| Epuisement des ressources abiotiques (fossiles) MJ/UF   | 281                       | 18,1                         | 0                         | 0,702                     | 300                   |
| Pollution de l'eau m3/UF  | 2,80                      | 0,240                        | 0                         | 4,02E-02                  | 3,08                  |
| Pollution de l'air M3/UF  | 2254                      | 132                          | 0                         | 6,60                      | 2393                  |
| Utilisation de l'Energie primaire renouvelable MJ/UF  | 4,19                      | 0,623                        | 0                         | 3,76E-04                  | 4,81                  |
| Utilisation des ressources d'Energie primaire renouvelable en tant que matière première MJ/UF     | 10,2                      | 9,86E-02                     | 0                         | 0                         | 10,3                  |
| Utilisation Totale Energie primaire renouvelable MJ/UF  | 14,4                      | 0,721                        | 0                         | 3,76E-04                  | 15,1                  |
| Utilisation de l'Energie primaire non renouvelable MJ/UF  | 169                       | 12,2                         | 0                         | 0,71                      | 182                   |
| Utilisation des ressources d'Energie primaire non renouvelable en tant que matière première MJ/UF | 124                       | 6,62                         | 0                         | 0                         | 131                   |
| Utilisation Totale Energie primaire non renouvelable MJ/UF  | 293                       | 18,9                         | 0                         | 0,710                     | 313                   |
| Utilisation Matière Secondaire kg/UF  | 1,71                      | 8,55E-02                     | 0                         | 1,35E-08                  | 1,80                  |
| Utilisation de Combustible Secondaire Renouvelable MJ/UF  | 0                         | 0                            | 0                         | 0                         | 0                     |
| Utilisation de Combustible Secondaire non Renouvelable MJ/UF                                      | 0                         | 0                            | 0                         | 0                         | 0                     |
| Utilisation Nette d'Eau Douce M3/UF   | 0,177                     | 1,08E-02                     | 0                         | 6,89E-05                  | 0,188                 |
| Déchets Dangereux éliminés kg/UF  | 5,73E-02                  | 2,99E-03                     | 0                         | 1,90E-05                  | 6,03E-02              |
| Déchets Non Dangereux éliminés kg/UF  | 1,00                      | 0,325                        | 0                         | 16,1                      | 17,4                  |
| Déchets Radioactifs kg/UF   | 2,11E-03                  | 1,72E-04                     | 0                         | 1,14E-05                  | 2,29E-03              |

## Document technique DT17 : FDES – Isolant Biofib'trio

Extraits de la fiche de déclaration environnementale et sanitaire de l'isolant Biofib'Trio épaisseur 145 mm (norme NF EN 15804+A1 et NF EN 15804/CN).

### 3 DESCRIPTION DE L'UNITE FONCTIONNELLE ET DU PRODUIT

1. Description de l'unité fonctionnelle (ou unité déclarée) :

« Assurer une fonction d'isolation thermique sur 1m<sup>2</sup> de paroi avec une résistance thermique R=3,80 m<sup>2</sup>.K/W sur la base d'une durée de vie de référence de 50 ans avec une conductivité thermique de 0,038 W/m.K tout en assurant les performances prescrites du produit. »

2. Description du produit :

La présente étude porte sur 1m<sup>2</sup> de panneau d'isolant Biofib' Trio d'épaisseur 145mm et de masse volumique 30 kg/m<sup>3</sup>. Sa conductivité thermique est de 0.038 W/m.K

3. Description de l'usage du produit (domaine d'application) :

Ce produit est destiné à isoler des combles aménagés, des combles perdus, des doublages intérieurs, des cloisons ou plafonds/planchers.

5. Description des principaux composants et/ou matériaux du produit :

| Paramètre                                  | Unités           | Valeur  |
|--|------------------|---|
| Quantité de produit                        | kg/UF            | 4.35  |
| Composition du produit                     | -                | Le produit est composé de fibres de chanvre, de lin, de coton et d'un liant polyester.            |
| Description de l'emballage de distribution |                  | Le produit est emballé dans une housse plastique, mis sur palette puis entouré de film plastique. |
| Palette en bois                            |                  | 0.14  |
| Film polyéthylène basse densité            | kg/kg de produit | 0.036   |
| Justification des informations fournies    | -                | Les informations sont fournies par CAVAC BIOMATERIAUX   |

## Document technique DT17 suite : FDES – Isolant Biofib'trio

| Catégorie d'impact / flux   | Unité                                     | Total Fabrication | Total Mise en œuvre | Total Vie en œuvre | Total Fin de vie | Total Cycle de vie |
|---|---|-------------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Réchauffement climatique  | kg CO <sub>2</sub> eq/UF                  | -3,43E+00         | 4,57E-01            | 0,00E+00           | 4,01E+00         | 1,04E+00           |
| Appauvrissement de la couche d'ozone  | kg CFC 11 eq/UF                           | 3,99E-06          | 1,30E-07            | 0,00E+00           | 1,28E-07         | 4,25E-06           |
| Acidification des sols et de l'eau  | kg SO <sub>2</sub> eq/UF                  | 1,48E-02          | 1,19E-03            | 0,00E+00           | 2,25E-03         | 1,83E-02           |
| Eutrophisation  | kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> eq/UF | 3,83E-03          | 2,43E-04            | 0,00E+00           | 4,64E-04         | 4,54E-03           |
| Formation d'ozone photochimique   | Ethene eq/UF                              | 3,10E-03          | 2,26E-04            | 0,00E+00           | 8,62E-04         | 4,19E-03           |
| Epuisement des ressources abiotiques -éléments  | kg Sb eq/UF                               | 3,18E-05          | 1,78E-06            | 0,00E+00           | 2,82E-06         | 3,64E-05           |
| Epuisement des ressources abiotiques -fossiles  | MJ PCI/UF                                 | 6,56E+01          | 5,41E+00            | 0,00E+00           | 1,06E+01         | 8,16E+01           |
| Pollution de l'eau  | m <sup>3</sup> /UF                        | 2,02E+00          | 1,49E-01            | 0,00E+00           | 2,78E-01         | 2,45E+00           |
| Pollution de l'air  | m <sup>3</sup> /UF                        | 3,60E+02          | 3,54E+01            | 0,00E+00           | 7,04E+01         | 4,66E+02           |
| Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées comme matières premières              | MJ PCI/UF                                 | 1,66E+01          | 3,97E-01            | 0,00E+00           | 1,74E-01         | 1,72E+01           |
| Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables en tant que matières premières  | MJ PCI/UF                                 | 7,61E+01          | 1,52E+00            | 0,00E+00           | 0,00E+00         | 7,76E+01           |
| Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières)     | MJ PCI/UF                                 | 9,27E+01          | 1,92E+00            | 0,00E+00           | 1,74E-01         | 9,48E+01           |
| Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées comme matières premières      | MJ PCI/UF                                 | 6,16E+01          | 5,44E+00            | 0,00E+00           | 1,08E+01         | 7,78E+01           |
| Utilisation des ressources d'énergie primaire non renouvelables en tant que matières premières  | MJ PCI/UF                                 | 1,46E+01          | 2,91E-01            | 0,00E+00           | 0,00E+00         | 1,49E+01           |
| Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières) | MJ PCI/UF                                 | 7,62E+01          | 5,73E+00            | 0,00E+00           | 1,08E+01         | 9,27E+01           |
| Utilisation de matière secondaire   | kg/UF                                     | 2,53E+00          | 5,07E-02            | 0,00E+00           | 0,00E+00         | 2,58E+00           |
| Utilisation de combustibles secondaires renouvelables   | MJ PCI/UF                                 | 0,00E+00          | 0,00E+00            | 0,00E+00           | 0,00E+00         | 0,00E+00           |
| Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables   | MJ PCI/UF                                 | 0,00E+00          | 0,00E+00            | 0,00E+00           | 0,00E+00         | 0,00E+00           |
| Utilisation nette d'eau douce   | m <sup>3</sup> /UF                        | 4,26E-02          | 1,72E-03            | 0,00E+00           | 2,56E-03         | 4,69E-02           |
| Déchets dangereux éliminés  | kg/UF                                     | 1,27E-01          | 8,05E-03            | 0,00E+00           | 7,71E-03         | 1,42E-01           |
| Déchets non dangereux éliminés  | kg/UF                                     | 2,20E+00          | 1,05E+00            | 0,00E+00           | 4,91E+00         | 8,16E+00           |
| Déchets radioactifs éliminés  | kg/UF                                     | 2,69E-04          | 3,40E-05            | 0,00E+00           | 7,38E-05         | 3,76E-04           |

## Document technique DT18 : FDES – Plaque de plâtre 13 mm Placo® - Saint-Gobain

Extraits de la fiche de déclaration environnementale et sanitaire d'une plaque de plâtre Placo BA13 (norme NF EN 15804+A1 et NF EN 15804/CN) .

Description de la durée de vie de référence

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Durée de vie de référence (DVR) | 50 ans |
|---------------------------------|--------|

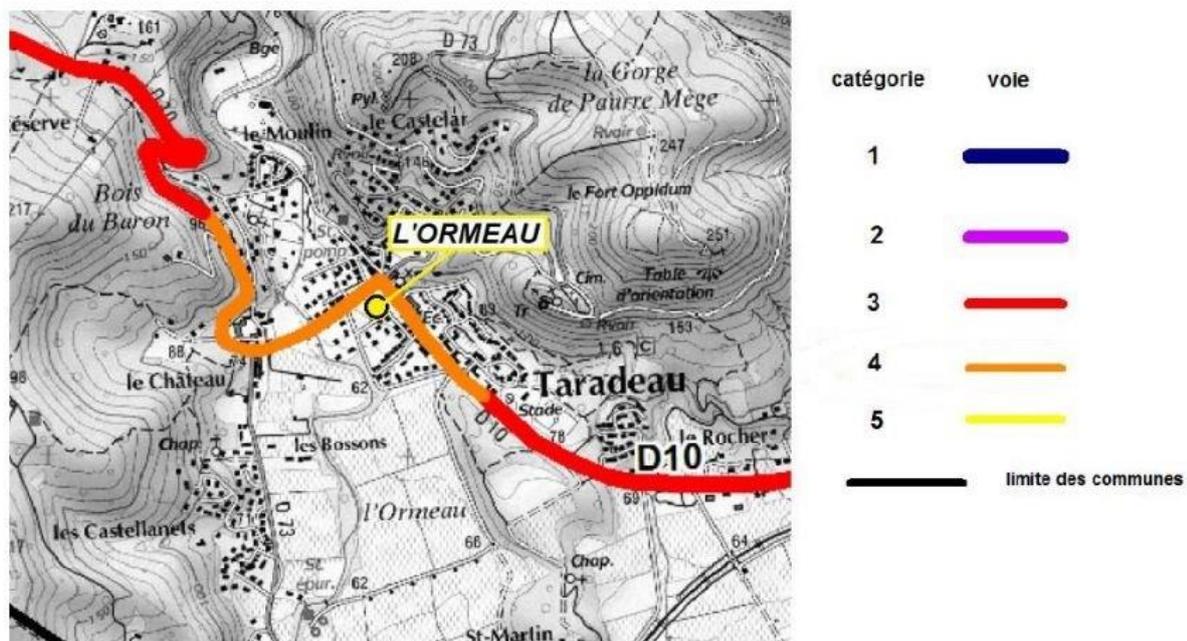
### Description de l'unité fonctionnelle et du produit

Description de l'unité fonctionnelle :

En considérant les fonctions de ce produit, l'unité fonctionnelle peut être décrite ainsi :

1 m<sup>2</sup> de parement fixé et jointoyé hors ossatures métalliques, sous forme de panneau rigide, destiné à recevoir tout type de finition.

| IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX   |                     |                       |                     |                     |                    |
|--|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Agrégation des différents modules pour réaliser un « Total d'étape » ou « Total Cycle de vie »   |                     |                       |                     |                     |                    |
| Impacts/Flux unité   | Etape de production | Etape de construction | Etape d'utilisation | Etape de fin de vie | Total cycle de vie |
| <b>Impacts environnementaux</b>  |                     |                       |                     |                     |                    |
| Réchauffement climatique - kg CO <sub>2</sub> equiv/UF   | 1,27                | 4,95E-01              | 0                   | 1,44                | 3,20               |
| Réchauffement climatique excluant le carbone biogénique - kg CO <sub>2</sub> equiv/UF  | 1,96                | 3,52E-01              | 0                   | 8,39E-02            | 2,39               |
| Réchauffement climatique biogénique - kg CO <sub>2</sub> equiv/UF  | -6,91E-01           | 1,43E-01              | 0                   | 1,35                | 8,05E-01           |
| Appauvrissement de la couche d'ozone kg CFC 11 equiv/UF  | 2,45E-08            | 4,50E-08              | 0                   | 2,10E-08            | 9,05E-08           |
| Acidification des sols et de l'eau - kg SO <sub>2</sub> equiv/UF   | 2,79E-03            | 1,30E-03              | 0                   | 4,63E-04            | 4,55E-03           |
| Eutrophisation - kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> equiv/UF  | 9,43E-04            | 3,19E-04              | 0                   | 3,75E-04            | 1,64E-03           |
| Formation d'ozone photochimique Ethene equiv/UF  | 3,24E-03            | 2,22E-04              | 0                   | 2,13E-04            | 3,67E-03           |
| Epuisement des ressources abiotiques (éléments) kg Sb equiv/UF   | 3,45E-04            | 1,87E-05              | 0                   | 4,19E-07            | 3,64E-04           |
| Epuisement des ressources abiotiques (fossiles) MJ/UF  | 31,6                | 5,29                  | 0                   | 1,72                | 38,6               |
| Pollution de l'air - m <sup>3</sup> /UF  | 145                 | 53,9                  | 0                   | 282                 | 481                |
| Pollution de l'eau - m <sup>3</sup> /UF  | 1,09                | 1,37E-01              | 0                   | 1,38E-01            | 1,36               |
| <b>Consommation des ressources</b>   |                     |                       |                     |                     |                    |
| Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées comme matières premières - MJ/UF                     | 8,69                | 1,10                  | 0                   | 4,09E-02            | 9,82               |
| Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables en tant que matières premières - MJ/UF   | 7,67                | 5,61E-01              | 0                   | -1,43               | 6,79               |
| <b>Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières) - MJ/UF</b>     | <b>16,4</b>         | <b>1,66</b>           | <b>0</b>            | <b>-1,40</b>        | <b>16,6</b>        |
| Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées comme matières premières - MJ/UF             | 36,4                | 5,74                  | 0                   | 1,85                | 44,0               |
| Utilisation des ressources d'énergie primaire non renouvelables en tant que matières premières - MJ/UF   | 3,53E-01            | 6,85E-02              | 0                   | 0                   | 4,21E-01           |
| <b>Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières) - MJ/UF</b> | <b>36,8</b>         | <b>5,81</b>           | <b>0</b>            | <b>1,85</b>         | <b>44,4</b>        |
| Utilisation de matière secondaire - kg/UF  | 6,81E-01            | 3,85E-02              | 0                   | 0                   | 7,20E-01           |
| Utilisation de combustibles secondaires renouvelables - MJ/UF  | 0                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                  |
| Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables - MJ/UF  | 0                   | 0                     | 0                   | 0                   | 0                  |
| Utilisation nette d'eau douce - m <sup>3</sup> /UF   | 2,23E-02            | 2,05E-03              | 0                   | 1,33E-03            | 2,56E-02           |
| <b>Catégories de déchets</b>   |                     |                       |                     |                     |                    |
| Déchets dangereux éliminés - kg/UF   | 1,24E-04            | 4,74E-03              | 0                   | 3,30E-06            | 4,87E-03           |
| Déchets non dangereux éliminés - kg/UF   | 1,17E-01            | 4,71E-01              | 0                   | 7,67                | 8,26               |
| Déchets radioactifs éliminés - kg/UF   | 6,24E-05            | 2,51E-05              | 0                   | 1,29E-05            | 1,00E-04           |



**Document technique DT20 - Extrait de l'arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit**

---

**Article 8 de l'arrêté du 23 juillet 2013**

L'article 6 est remplacé par les dispositions suivantes :

« Selon la méthode forfaitaire, la valeur d'isolement acoustique minimal vis-à-vis des bruits de transports terrestres des pièces principales et cuisines des logements est déterminée de la façon suivante :

En tissu ouvert ou en rue en U, la valeur de l'isolement acoustique standardisé pondéré  $D_{nT, A, tr}$  minimal des pièces est donnée dans le tableau ci-dessous par catégorie d'infrastructure. Cette valeur est fonction de la distance horizontale entre la façade de la pièce correspondante du bâtiment à construire et :

- pour les infrastructures routières, le bord de la chaussée classée le plus proche du bâtiment considéré ;
- pour les infrastructures ferroviaires, le rail de la voie classée le plus proche du bâtiment considéré

Tableau des valeurs d'isolement minimal  $D_{nT, A, tr}$  en dB. »

|                               |   | Distance horizontale (m) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|---|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                               |   | 0                        | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 300 |
| Catégorie de l'infrastructure | 1 | 45                       | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  |     |
|                               | 2 | 42                       | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33  | 32  | 31  | 30  |     |     |
|                               | 3 | 38                       | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 |     |     |     |     |     |     |
|                               | 4 | 35                       | 33 | 32 | 31 | 30 |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|                               | 5 | 30                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |

**Hypothèse de base sur le mur extérieur de façade :**

L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré  $R_w$  est un indicateur acoustique décrivant l'isolation aux bruits aériens d'une structure. Plus cet indicateur est élevé, plus le bruit aérien est réduit.

Indice d'affaiblissement pour un bruit de trafic à l'émission :  $R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$

- Performance du voile béton Insularis I :

$R_w (C ; C_{tr}) :$

Indice d'affaiblissement acoustique pondéré, avec ses termes d'adaptation,

C pour un bruit rose à l'émission et  $C_{tr}$  pour un bruit de trafic routier à l'émission

| Epaisseur du voile e | $R_w (C ; C_{tr})$ en dB sans doublage |
|----------------------|--|
| <b>16 cm</b>         | 50 (-2 ; -5)                           |
| <b>18 cm</b>         | 51 (-1 ; -5)                           |
| <b>20 cm</b>         | 52 (-1 ; -5)                           |

- Doublage Polyplac Phonik :

Variation de l'affaiblissement acoustique par adjonction d'un doublage à l'élément séparatif de référence :

**PERFORMANCES ACOUSTIQUES**

| Type et épaisseur minimale du doublage                                 | Catégorie de doublage Référentiel Qualitel Acoustique Version octobre 2022 | Amélioration de l'affaiblissement acoustique   |
|--|--|--|
| Polyplac Phonik 13+100 Standard  | Th-A   | $\Delta (R_w + C)_{bord} \geq 3$ dB sur mur béton de 16 cm<br>$\Delta (R_w + C)_{direct} \geq 5$ dB sur blocs de béton creux de 20 cm<br>$\Delta (R_w + C)_{direct} \geq 8$ dB sur briques alvéolaires de 20 cm  |
| Polyplac Phonik 13+100 Haute Dureté<br>Polyplac Phonik 13+120 Standard | Th-A+  | $\Delta (R_w + C)_{bord} \geq 5$ dB sur mur béton de 16 cm<br>$\Delta (R_w + C)_{direct} \geq 9$ dB sur blocs de béton creux de 20 cm<br>$\Delta (R_w + C)_{direct} \geq 12$ dB sur briques alvéolaires de 20 cm |

**Performances des fenêtres, porte-fenêtres :**

Dans le projet L'ORMEAU, les fenêtres et portes-fenêtres - battantes - sont prévues en PVC, avec des volets battants extérieurs (pas de coffres de volets roulants). Les menuiseries installées seront de classe AC1 avec un indice d'affaiblissement le plus faible de la catégorie.

Pour les fenêtres et portes-fenêtres, la performance d'isolement acoustique est prise en compte au travers du classement AC (certificat ACOTHERM) :

| ACOTHERM -> Caractéristique de performance | Classe AC1              | Classe AC2              | Classe AC3              | Classe AC4         |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| $R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$ en dB            | $28 \leq R_{A,tr} < 33$ | $33 \leq R_{A,tr} < 36$ | $36 \leq R_{A,tr} < 40$ | $40 \leq R_{A,tr}$ |

## Document technique DT21 suite : Hypothèses pour le calcul de $D_{nT,A,tr}$

### Performance des entrées d'air du système de ventilation :

Le système de VMC est de type Hygro B (entrées d'air hygroréglables et bouches d'extraction hygroréglables). Les séjours et les chambres des logements de type T2 et T3 du projet sont équipés d'une seule entrée d'air.

Extrait de l'Avis Technique n°14.5/17-2273\_V3 – Système de ventilation hygroréglable ATLANTIC

Tableau : configuration du système « VMC HYGRO collective ATLANTIC » Hygro B :

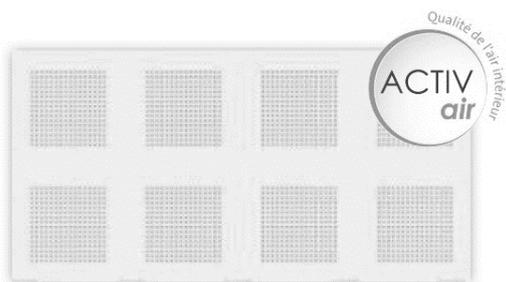
|          |                | Configuration de base         |             |                      |          |      |              |          | Pièces techniques supplémentaires |           |              |              |             |          |
|----------|----------------|-------------------------------|-------------|----------------------|----------|------|--------------|----------|-----------------------------------|-----------|--------------|--------------|-------------|----------|
| Logement | Pièces humides | Type ou module d'entrée d'air |             | Bouches d'extraction |          |      |              |          |                                   |           |              |              |             |          |
|          |                | Séjour                        | Par chambre | Cuisine              | SdB1     | SdB2 | SdB/WC 1     | SdB/WC 2 | WC                                | Autre SdB | Autre SdB/WC | Autre WC     | Salle d'eau |          |
| F1       | 1 SdB/WC       | 2*EH ou 45                    |             | BHC 10/40-75         |          |      | BHBW 5/40-30 |          |                                   |           | BHB 5/40     | BHBW 5/40-30 |             | BHB 5/40 |
| F1       | 1 SdB/WC       | 2*EH ou 45                    |             | BHC 10/40-75         |          |      | BHBW 5/40-30 |          |                                   |           |              | BHBW 5/40-30 | BAW 5-30    | BHB 5/40 |
| F1       | 1 SdB<br>1 WC  | 2*EH ou 45                    |             | BHC 10/40-75         | BHB 5/40 |      |              |          |                                   | BAW 5-30  | BHB 5/40     | BHBW 5/40-30 | BAW 5-30    | BHB 5/40 |
| F2       | 1 SdB/WC       | EH                            | EH          | BHC 10/40-90         |          |      | BHBW 5/40-30 |          |                                   |           | BHB 5/40     | BHBW 5/40-30 |             | BHB 5/40 |
| F2       | 1 SdB/WC       | EH                            | EH          | BHC 10/40-90         |          |      | BHBW 5/40-30 |          |                                   |           |              | BHBW 5/40-30 | BAW 5-30    | BHB 5/40 |
| F2       | 1 SdB<br>1 WC  | EH                            | EH          | BHC 10/40-90         | BHB 5/40 |      |              |          |                                   | BAW 5-30  | BHB 5/40     | BHBW 5/40-30 | BAW 5-30    | BHB 5/40 |

Tableau : Caractéristiques acoustiques des entrées d'air montées sur menuiserie ou coffre de volet roulant :  $D_{ne, Atr}$  en dB :

| Entrée d'air | Auvent extérieur |      |     |     |
|--------------|------------------|------|-----|-----|
|              | CEA              | CE2A | CFA | GAP |
| EAA 22       |                  | 39   |     |     |
| EAA 30       |                  | 39   |     |     |
| EAA 45       |                  | 37   |     |     |
| EAA 22 +RA   |                  | 41   |     |     |
| EAA 30 +RA   |                  | 41   |     |     |
| EAA 45 +RA   |                  | 39   |     |     |
| EAAC 15      | 37               | 37   |     |     |
| EAAC 22      | 37               | 37   |     |     |
| EAAC 30      | 37               | 37   |     |     |
| EAAC 45      |                  | 36   |     |     |
| EAAM 15      | 38               |      |     |     |
| EAAM 22      | 38               |      |     |     |
| EAAM 30      | 37               |      |     |     |
| EAAT 22      |                  |      |     | 39  |
| EAAT 30      |                  |      |     | 39  |
| EH 5/45      |                  | 37   | 41  |     |
| EH 5/45+RA   |                  | 39   | 42  |     |
| EHC 5/45     |                  | 34   |     |     |
| EHT 5/45-100 |                  |      |     | 39  |
| EHT 5/45-125 |                  |      |     | 39  |

\*RA = rallonge acoustique

\*CFA = capuchon de façade acoustique



# Gyptone® Activ'Air® Quattro 46

Plaques Gyptone®

## PERFORMANCES



**Réaction au feu**  
A2-s1, d0.



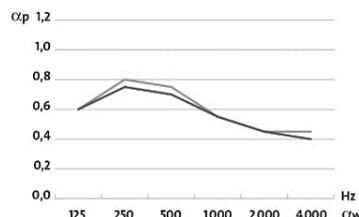
**Comportement en ambiance humide**  
Les plaques Gyptone® Activ'Air® peuvent être utilisées dans les locaux à faible et moyenne hygrométrie.



**Comportement acoustique**

Atténuation latérale  
 $D_{n,c,w} (C ; C_w) = 40 (-1 ; -4)$  dB pour plénum 730 mm et laine de 75 mm (estimation).

Absorption acoustique  
(laine minérale sans pare-vapeur)



Plénum 300 mm / laine 75 mm 0,60 0,75 0,70 0,55 0,45 0,40 0,50 (L)  
Plénum 100 mm / laine 75 mm 0,60 0,80 0,75 0,55 0,45 0,45 0,55 (L)

RE CSTB n° 713-960-0249/10 - RE CSTB n° 713-960-0249/2

## NORMES

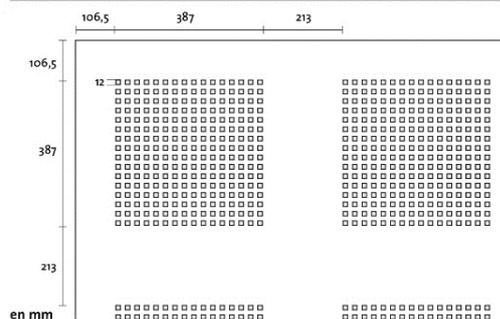
- Les plaques Gyptone® Activ'Air® bénéficient du classement A+ pour la Qualité de l'Air Intérieur (Rapport Eurofins selon les normes ISO 16 000).
- Les plaques Gyptone® Activ'Air® sont conformes à la Norme NF EN 14190.

## MISE EN ŒUVRE

- Détails page 121.
- Avis Technique CSTB n°9/14 985.
- Plaque à coordonner avec les :
  - dalles Gyptone® Activ'Air® Quattro 50,
  - plaques Rigitone™ Activ'Air® 12/25 Q.

## LES + PRODUIT

- Perforation carrée élégante et régulière
- Bonne absorption acoustique
- Améliore la qualité de l'air intérieur grâce à la technologie exclusive Activ'Air®



## CARACTÉRISTIQUES

|                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Matériau              | à base de plaque de plâtre blanc |
| Voile acoustique      |                                  |
| Type de bord (mm)     | B1 - 4 bords amincis             |
|                       | 12,5                             |
| Surface               | à peindre                        |
| Format (mm)           | 1200 x 2400                      |
| Épaisseur (mm)        | 12,5                             |
| Poids approx. (kg/m²) | 8                                |
| Perforation (mm)      | 12 x 12                          |
| Taux de perforation   | 10%                              |

## DESCRIPTIF TYPE

- Détails page 154.

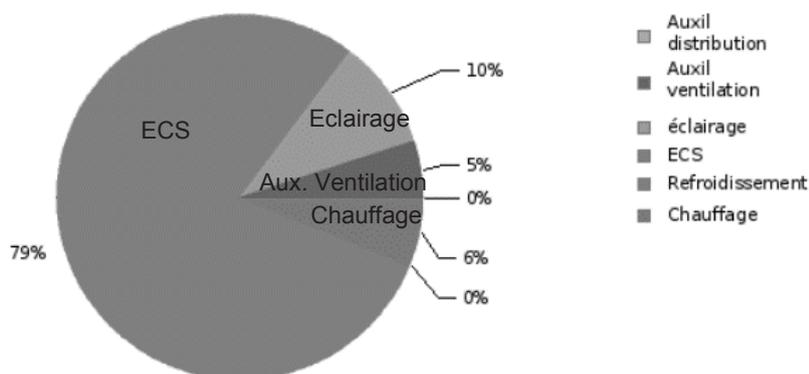
43

## Document technique DT23 : Extrait des résultats de l'étude RT2012

### Bâtiment n° 01 : BÂTIMENT N°1

SRT : 948 m<sup>2</sup>  
 Type de travaux : Bâtiment neuf

| Zone   |                     | Type               |          | Surface m <sup>2</sup> |       |
|--|---------------------|--------------------|----------|------------------------|-------|
| LOGEMENTS  |                     | Immeuble collectif |          | 742,56                 |       |
| Groupe   | Refroidissement     | Catégorie          | Tic      | Tic Réf.               |       |
| Groupe 001   | Groupe non refroidi | CE1                | 28,80    | 33,40                  |       |
|  |                     | Bbio               | Bbio Max | Gain en %              |       |
|  |                     | Bbio               | 20,400   | 42,000                 | 51,43 |
|  |                     | Cep                | Cep Max  | Gain en %              |       |
|  |                     | Cep                | 44,800   | 46,000                 | 2,61  |
| <b>Les garde-fous sont conformes.</b>                          |                     |                    |          |                        |       |
| <b>Le bâtiment est conforme à la RT2012 au sens des ThBCE.</b> |                     |                    |          |                        |       |



Répartition annuelle des postes de consommations conventionnelles d'énergie dans le calcul de Cep pour le bâtiment

### 11.1.2 V.M.C

---

#### 11.1.2.1 PRINCIPE DE VENTILATION

Le présent lot concerne la ventilation simple flux hygroréglable type B

#### 11.1.2.5 CHAUFFE EAU THERMODYNAMIQUE

Le chauffe-eau thermodynamique sera individuel, monobloc et constitué d'une pompe à chaleur et d'un ballon d'eau chaude de 100L pour les T2 et 200L pour les autres.

**Caractéristiques générale :**

Alimentation mono 230V-50hz.

Dimensions : hauteur : 1651mm, diamètre extérieur : 588mm, largeur : 626mm

**Caractéristiques ventilation :**

Raccordement réseau VMC/chauffe-eau sur le dessus par 2 piquages diamètre 160 mm à joint (1 réseau d'extraction, 1 rejet d'air vicié)

Capteur de pression réglable de 50 à 200 Pa.

**Caractéristiques pompe à chaleur :**

Pompe à chaleur au fluide R134a à compresseur rotatif couché permettant le transport couché sur la face arrière du produit

Condenseur à l'extérieur de la cuve

COP certifié = 3,07 à 150 m<sup>3</sup>/h selon EN 16147

COP certifié = 2.90 à 57m<sup>3</sup>/h

**Caractéristiques eau chaude sanitaire :**

Cuve acier émaillé 200 L

Résistance stéatite, protection dynamique anti-corrosion intégrale et permanente avec anode titane allongée enrobée de magnésium et accumulateur haute performance 6V pour le courant imposé : système ACI hybride

Puissance de l'appoint de secours : 1800 W

Température d'eau max sans appoint 62°C

Raccordement Heures Creuses/Heures pleines possible

Raccordement électrique :

Le chauffe-eau thermodynamique sera alimenté par un courant alternatif monophasé et devra être conforme à la norme d'installation NF C 15 100.

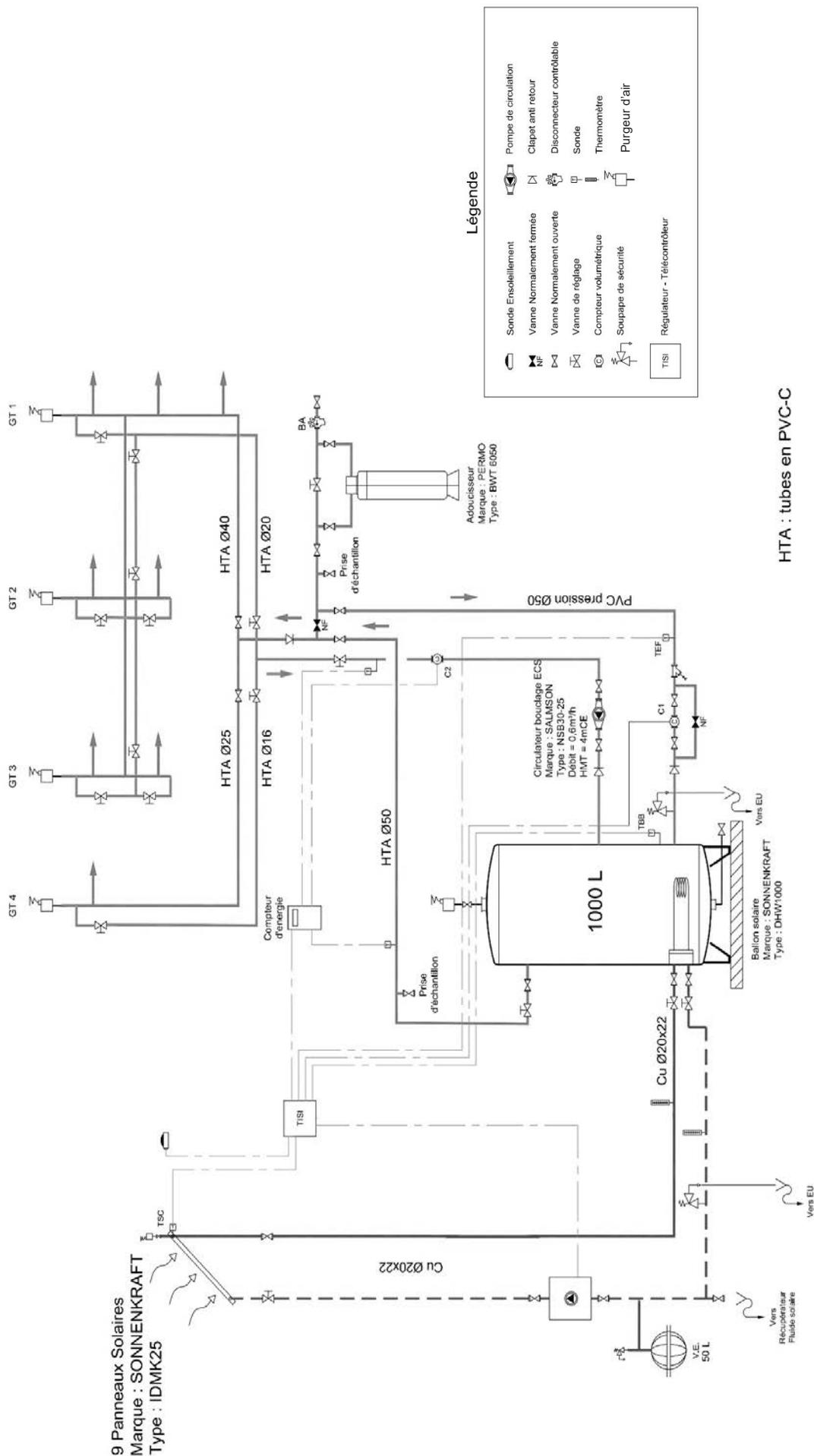
Tous les chauffe-eau thermodynamiques seront raccordés en série au caisson VMC Airvent PA via un câble de section de 0.5 à 1.5 mm<sup>2</sup>.

Raccordements hydrauliques :

Les raccordements hydrauliques se feront par l'avant de l'appareil. Un groupe de sécurité (non fourni) devra obligatoirement être monté sur l'entrée eau froide et un raccord di-électrique (fourni) devra être monté sur la sortie eau chaude.

La soupape du groupe de sécurité et le tuyau d'évacuation des condensats (fourni) devront être raccordés aux eaux usées.

Le type de ventilateur, le choix du point de fonctionnement du ventilateur à débit maxima, la constitution du réseau, le type de bouches utilisées et les réglages de l'installation seront réalisés afin que le niveau de bruit reçu ne dépasse pas 30 dB(A) en pièces principales et 35 dB(A) en cuisine.



HTA : tubes en PVC-C

## Document technique DT26 : Tableau des classes d'isolation pour la distribution d'ECS

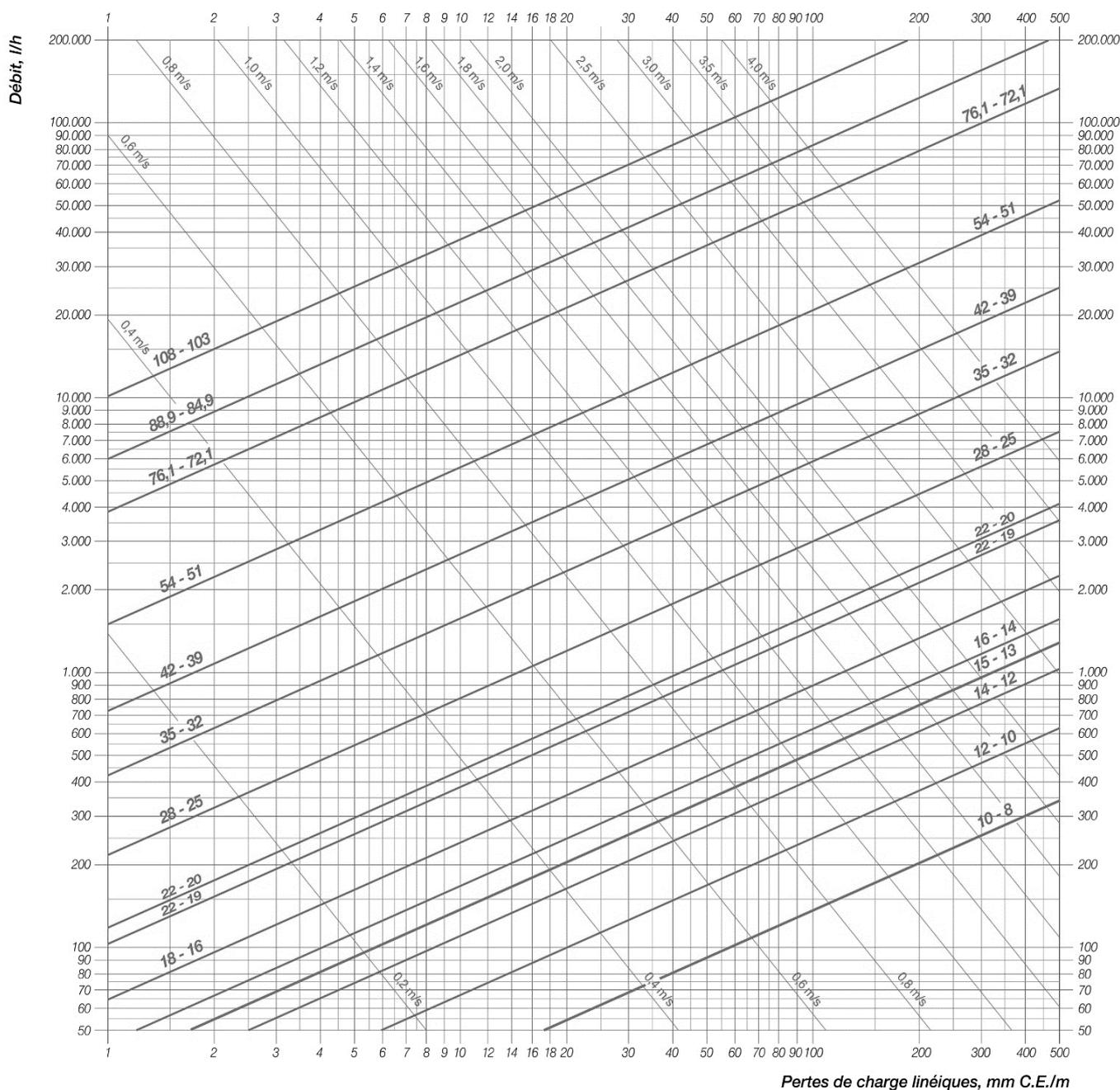
Classes d'isolation :

Les tableaux ci-dessous sont issus de la NF EN12828, pour chacune des classes d'isolation 1 à 6, l'épaisseur minimale (en mm), en fonction de :

- La conductivité thermique de l'isolant (coefficient  $\lambda$  en  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) ;
- Le diamètre extérieur du tube (en mm).

| Diamètre extérieur du conduit (sans isolant) (mm) | Classe 3  |      |      |      | Classe 4  |      |      |      |
|---|---|------|------|------|---|------|------|------|
|   | Coefficient thermique $\lambda$ ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) |      |      |      | Coefficient thermique $\lambda$ ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) |      |      |      |
|   | 0,03  | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,03  | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| 10  | 4   | 7    | 13   | 20   | 6   | 11   | 19   | 31   |
| 20  | 10  | 17   | 26   | 38   | 13  | 23   | 36   | 56   |
| 30  | 14  | 23   | 35   | 50   | 19  | 31   | 49   | 72   |
| 40  | 18  | 28   | 41   | 58   | 24  | 38   | 58   | 84   |
| 60  | 23  | 35   | 50   | 69   | 30  | 47   | 70   | 99   |
| 80  | 26  | 39   | 55   | 74   | 35  | 54   | 77   | 107  |
| 100   | 29  | 42   | 59   | 78   | 38  | 58   | 82   | 112  |

Pertes de charge linéiques TUBES CUIVRE – Température d'eau = 80°C



Facteurs de correction pour mélange antigel eau-glycol éthylique

|  |                               | Tubes à basse rugosité<br>(tubes cuivre, acier inox,<br>et plastique) | Tube à moyenne rugosité<br>(tubes acier noir<br>et zingué) |
|--|-------------------------------|---|--|
| concentration volumétrique de glycol éthylique | température de protection, °C | facteur de correction   | facteur de correction                                      |
| 15 %   | - 5                           | 1,08  | 1,06   |
| 20 %   | - 8                           | 1,11  | 1,08   |
| 25 %   | - 12                          | 1,15  | 1,10   |
| 30 %   | - 15                          | 1,19  | 1,12   |
| 35 %   | - 20                          | 1,23  | 1,14   |
| 40 %   | - 25                          | 1,26  | 1,16   |
| 45 %   | - 30                          | 1,30  | 1,18   |

## Document technique DT28 : Caractéristiques de la boucle de transfert solaire la plus défavorisée

| Détails du tronçon | Longueur | Débit | Diamètre intérieur | Vitesse | Coefficient de pertes de charges singulières pour de l'eau |
|--------------------|----------|-------|--------------------|---------|--|
|                    | m        | l/h   | mm                 | m/s     |  |
| Longueur droite    | 10       | 270   | 20                 | 0,24    |  |
| 6 coudes 90°       |          | 270   | 20                 | 0,24    | 1,5  |
| Longueur droite    | 28       | 270   | 20                 | 0,24    |  |
| 2 coudes 90°       |          | 270   | 20                 | 0,24    | 1,5  |
| Colonne montante   | 18       | 270   | 20                 | 0,24    |  |
| 2 coudes 90°       |          | 270   | 20                 | 0,24    | 1,5  |
| Longueur droite    | 16       | 270   | 20                 | 0,24    |  |
| 2 Tés              |          | 270   | 20                 | 0,24    | 3  |
| Longueur droite    | 20       | 270   | 20                 | 0,24    |  |
| 4 coudes 90°       |          | 270   | 20                 | 0,24    | 1,5  |

Pertes de charges singulières des éléments présents sur le circuit (dans le cas de l'eau) :

1 x Echangeur ballon :  $\Delta P_{\text{singulières}} = 800 \text{ mmCE}$

1 x Champs 5 capteurs :  $\Delta P_{\text{singulières}} = 800 \text{ mmCE}$

1 x Vanne de réglage :  $\Delta P_{\text{singulières}} = 500 \text{ mmCE}$



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

**Document Réponse DR01**

---

Calcul de l'écart type sur la position

| Point           | E(m)        | N(m)        | $\Delta E(\text{mm})$ | $\Delta N(\text{mm})$ | $\text{Ecart}^2 = \Delta E^2 + \Delta N^2$ |
|-----------------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|--|
| P.1             | 1977280.259 | 2226120.425 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.272 | 2226120.418 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.243 | 2226120.431 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.267 | 2226120.436 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.271 | 2226120.429 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.269 | 2226120.434 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.258 | 2226120.423 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.260 | 2226120.440 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.247 | 2226120.438 |                       |                       |  |
| P.1             | 1977280.264 | 2226120.426 |                       |                       |  |
| <b>P.1moyen</b> | .....       | .....       |                       |                       |  |

**Document Réponse DR02**

Sollicitations dans les barres ELU et ELS

| <b>Combinaison ELU</b> |                                   |                       |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| <b>Barres</b>          | <b>Nature de la sollicitation</b> | <b>Intensité [kN]</b> |
| AC (n°2)               |                                   |                       |
| CB (n°5)               |                                   |                       |
| BF (n°8)               |                                   |                       |
| FE (n°6)               |                                   |                       |
| ED (n°3)               |                                   | <b>-21,47</b>         |
| DA (n°1)               |                                   |                       |
| DC (n°9)               |                                   | <b>-12,21</b>         |
| CE (n°4)               |                                   | <b>7,45</b>           |
| EB(n°7)                |                                   |                       |
| <b>Combinaison ELS</b> |                                   |                       |
| <b>Barres</b>          | <b>Nature de la sollicitation</b> | <b>Intensité [kN]</b> |
| AC                     |                                   | <b>21,41</b>          |
| CB                     |                                   | <b>11,22</b>          |
| BF                     |                                   | <b>-3,06</b>          |
| FE                     |                                   | <b>0,00</b>           |
| ED                     |                                   | <b>-14,72</b>         |
| DA                     |                                   | <b>-22,25</b>         |
| DC                     |                                   | <b>-8,31</b>          |
| CE                     |                                   | <b>5,19</b>           |
| EB                     |                                   | <b>-12,80</b>         |

**Question 2.1.6 – Étude de la flèche de la fermette**

| Barres       | Longueur de la barre<br>Unité :..... | Effort normal dans la structure de base<br>Unité :..... | Effort normal dans la structure soumise à un effort unitaire | $N_i \times n_i \times L_i$ |
|--------------|--------------------------------------|---|--|-----------------------------|
| AC           |                                      |   |  |                             |
| CB           |                                      |   |  |                             |
| BF           |                                      |   |  |                             |
| FE           |                                      |   |  |                             |
| ED           |                                      |   |  |                             |
| DA           |                                      |   |  |                             |
| DC           |                                      |   |  |                             |
| CE           |                                      |   |  |                             |
| EB           |                                      |   |  |                             |
| <b>Somme</b> |                                      |   |  |                             |

Calculs :

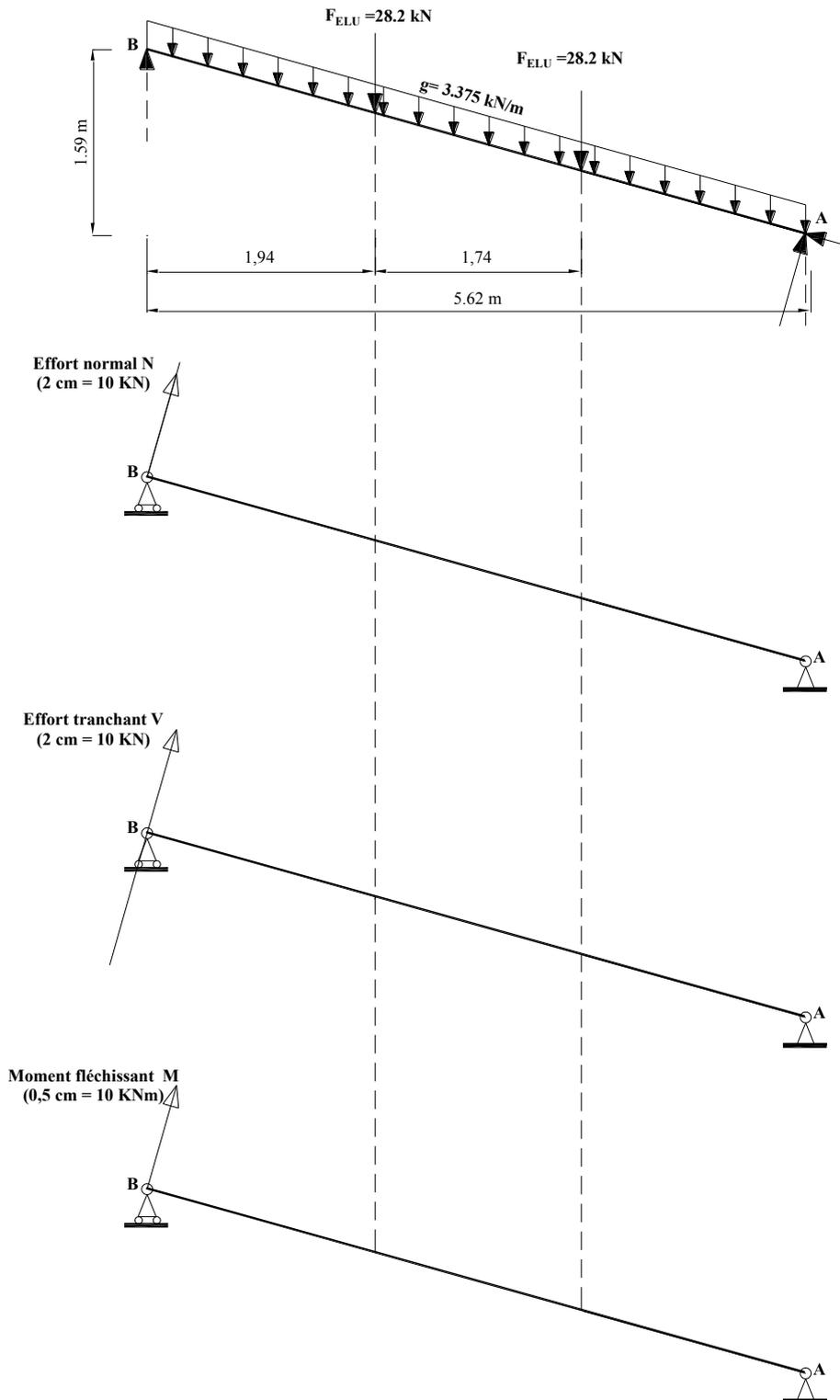
**Question 2.4.4 – Techniques de réparation**

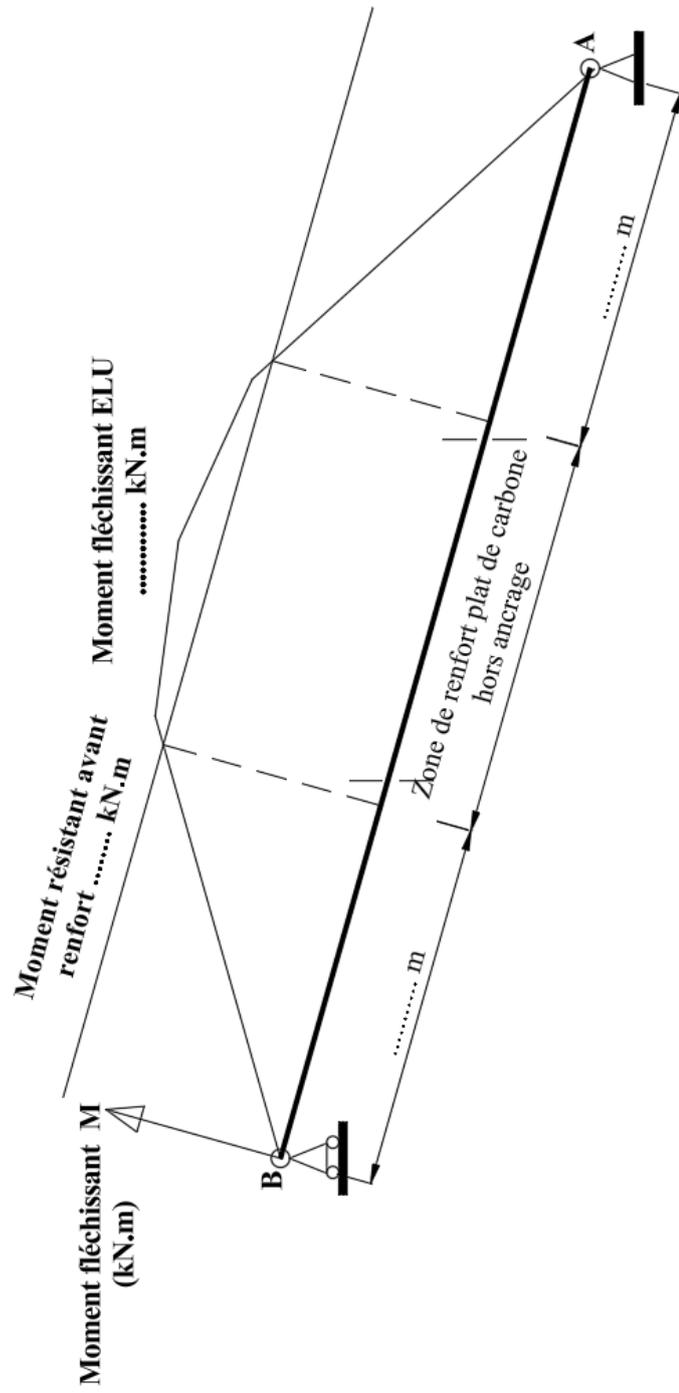
| N° | Critères   | Techniques de réparation |               |                             |
|----|--|--------------------------|---------------|-----------------------------|
|    |  | N° 1                     | N°2           | N°3                         |
|    |  | Plats/fibre de carbone   | Béton projeté | Précontrainte additionnelle |
| 1  | Coût le moins cher                                     |                          |               |                             |
| 2  | Facilité de mise en œuvre                              |                          |               |                             |
| 3  | Esthétique   |                          |               |                             |
| 4  | Durabilité dans le temps                               |                          |               |                             |
| 5  | Non apport de surcharge supplémentaire à la structure  |                          |               |                             |
| 6  | Temps de mise en œuvre                                 |                          |               |                             |
| 7  | Diminution de la flèche                                |                          |               |                             |
| 8  | Matériel nécessaire                                    |                          |               |                             |
| 9  | Sécurité des employés lors de la mise en œuvre         |                          |               |                             |
| 10 | Réalisation d'une contre flèche d'une poutre existante |                          |               |                             |
| 11 | Sécurité incendie                                      |                          |               |                             |

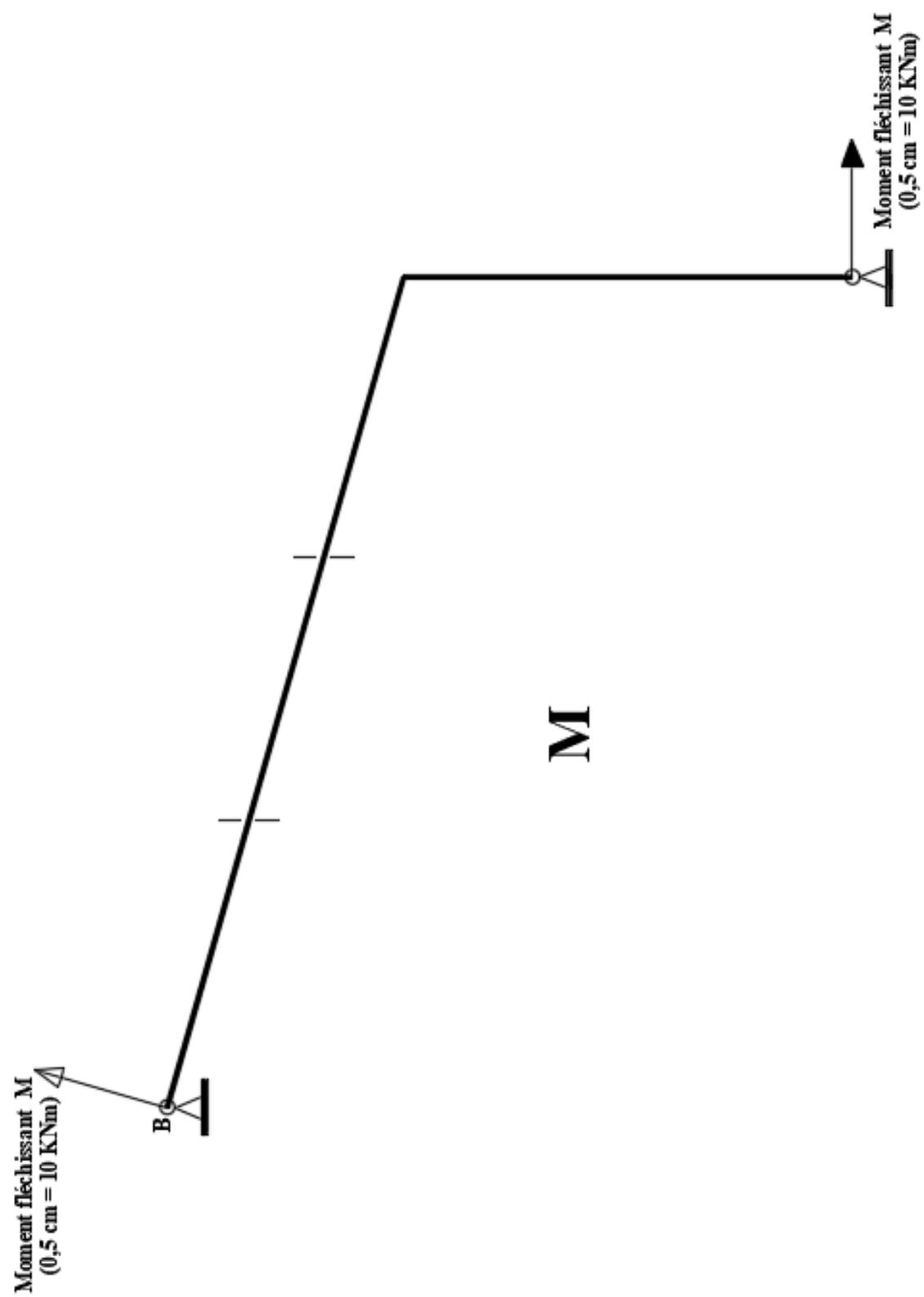


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR04









NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR07

| <u>Désignation</u>                            | <u>Coefficient linéique</u> $\Psi$ en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|---|---|
| L8 – Mur extérieur / plancher extérieur       | .....   |
| L9 – Mur extérieur / plancher intermédiaire   | .....   |
| L10 – Mur extérieur / plafond intérieur lourd | .....   |

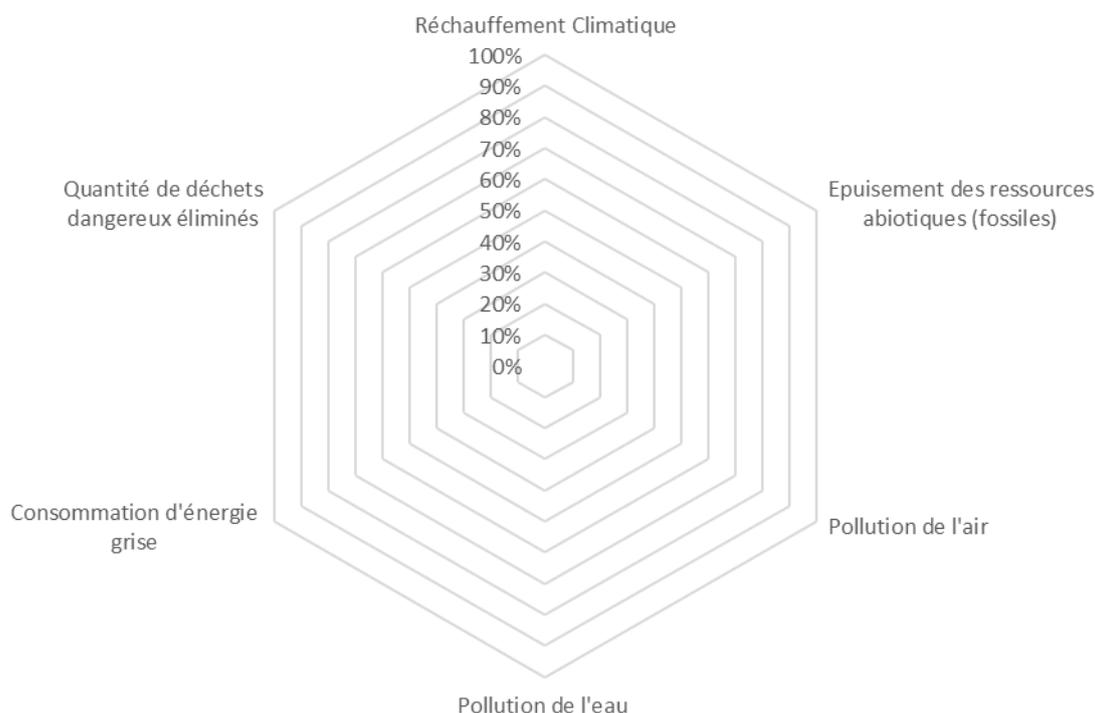
Exigences de moyens RT2012 :

| <u>Désignation</u> | <u>Résultat</u> | <u>Conformité</u> |
|--------------------|-----------------|-------------------|
| Ratio $\psi$       | .....           | .....             |
| $\Psi_9$           | .....           | .....             |

| Indicateurs  | Unité               | Solution de base –<br>Knauf Polypac | Solution variante – Isolant<br>Biofib + BA13 |
|--|---------------------|-------------------------------------|--|
| Réchauffement<br>Climatique                              | kg CO2 eq / UF      |                                     |  |
| Epuisement<br>des ressources<br>abiotiques<br>(fossiles) | MJ / UF             |                                     |  |
| Pollution de<br>l'eau                                    | m <sup>3</sup> / UF |                                     |  |
| Pollution de<br>l'air                                    | m <sup>3</sup> / UF |                                     |  |
| Consommation<br>d'énergie<br>grise*                      | MJ / UF             |                                     |  |
| Quantité de<br>déchets<br>dangereux<br>éliminés          | kg / UF             |                                     |  |

\***Consommation d'énergie grise** : pour calculer l'énergie grise, il faut prendre en compte les consommations d'énergie non utilisées en tant que matières premières au cours du cycle de vie, à savoir les deux indicateurs suivants : *Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées comme matières premières - MJ/FU, Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées comme matières premières - MJ/FU.*

Diagramme radar ACV







NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR10

Acoustique extérieure – chambre – Appartement 2P D01 – 1<sup>er</sup> étage

Questions 3.2.2 et 3.2.3

Configuration initiale :

| Géométrie de la pièce   |  |       |
|---|--|-------|
| Volume  | .....  |       |
| Surface de la façade vue de l'intérieur                       | .....  |       |
| Caractéristiques des éléments de la façade                    |  |       |
| Mur + Doublage  | Surface  | ..... |
|   | Indice d'affaiblissement acoustique $R_{Atr,i}$    | ..... |
| Menuiserie extérieure   | Surface  | ..... |
|   | Indice d'affaiblissement acoustique $R_{Atr,i}$    | ..... |
| Entrée d'air  | Indice d'affaiblissement acoustique $D_{ne,Atr,j}$ | ..... |
| Isolation acoustique composée d'un pan de façade $R'_{Atr}$ : |  | ..... |
| Conclusion  |  |       |
| Isolement normalisé d'une façade $D_{nT,A,tr}$ :              |  | ..... |
| Isolement minimal à respecter $D_{nT,A,tr} \text{ min}$ :     |  | ..... |
| Respect de l'exigence ?                                       |  | ..... |

## Document Réponse DR11

### Calcul du taux de couverture solaire moyen dans le cas d'une installation d'ECS solaire

Données d'ensoleillement sur le site, d'après l'INES (institut national de l'énergie solaire)

|                                    | Janvier | Février | Mars  | Avril | Mai   | Juin  | Juillet | Août  | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|------------------------------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|
| <b>Température eau froide (°C)</b> | 14,6    | 15,1    | 16,2  | 17,1  | 19,4  | 21,2  | 22,4    | 22,6  | 20,4      | 18,8    | 16,2     | 15,0     |
| <b>Consommation (l/jr)</b>         | 1 460   | 1 440   | 1 410 | 1 380 | 1 300 | 1 220 | 1 060   | 1 050 | 1 260     | 1 320   | 1 410    | 1 450    |
| <b>Apports solaires* (kWh/jr)</b>  | 21,2    | 26,3    | 38,2  | 44,4  | 48    | 47,9  | 42,9    | 41,5  | 41,6      | 30,7    | 21,9     | 18,1     |
|                                    |         |         |       |       |       |       |         |       |           |         |          |          |
| <b>Besoins (kWh/mois)</b>          | .....   | .....   | ..... | ..... | ..... | ..... | .....   | ..... | .....     | .....   | .....    | .....    |
| <b>Apports (kWh/mois)</b>          | .....   | .....   | ..... | ..... | ..... | ..... | .....   | ..... | .....     | .....   | .....    | .....    |
| <b>Taux de couverture (%)</b>      | .....   | .....   | ..... | ..... | ..... | ..... | .....   | ..... | .....     | .....   | .....    | .....    |

\* Apports solaires réellement reçus par l'installation : prenant en compte le rendement global de l'installation ainsi que l'influence de l'orientation et l'inclinaison des panneaux.

Taux de couverture moyen :

Conclusion :

**Sélection du circulateur de la boucle de transfert solaire**

Caractéristiques de la gamme de circulateur Varios PICO-STG marque WILLO :

