AREST
INGÉNIEURS EN BÂTIMENT
NANTES

Le Bignon, le 22 juin 2026

REHABILITATION ENERGETIQUE DE LA CITE UNIVERSITAIRE BOURGONNIER ET DE LA RESIDENCE UNIVERSITAIRE MADELAINE

49 – ANGERS

NOTE JUSTIFICATIVE FOB

Phase PRO/DCE - Ind A

Dossier n° : **24.10.364N**

AGENCE RÉGIONALE ÉTUDES STRUCTURES

NANTES/44
ZA La forêt - 8 rue Chante Merle
BP 7 - 44140 LE BIGNON
Tél. 02 40 26 26 00
infos-nantes@arest.fr

CHOLET/49
Bâtiment "Le Sémaphore" -14 boulevard Faidherbe
BP 30308 - 49303 CHOLET cedex
Tél : 02 41 62 38 91
infos-cholet@arest.fr

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 2
2. DESCRIPTION SOMMAIRE DES BATIMENTS ET TRAVAUX : 2
3. DOCUMENTS DE JUSTIFICATION PRIS EN COMPTE 2
4. HYPOTHESES PRISES EN COMPTE POUR LA JUSTIFICATION : 3
5. PRINCIPE DE FOB PROPOSE 4
6. JUSTIFICATION STRUCTURELLE DU FOB SUR LES EXISTANTS : 7
7. JUSTIFICATION POUR LA SECURITE INCENDIE DU FOB EN FAÇADE : 10

1. Introduction

La présente note a pour objectif de justifier l'application de façades à ossature bois (FOB) dans le cadre du projet de réhabilitation énergétique des cités et résidence universitaires Bourgonnier et Madelaine, localisés à Angers (49).

Ce document ne prend pas en compte les notes de calculs des éléments et assemblages de FOB, celles-ci seront à fournir par l'entreprise en phase exécution. La proposition de solution est un principe vérifié par le bureau d'étude technique d'un point de vue calculatoire et constructif.

2. Description sommaire des bâtiments et travaux :

Les bâtiments existants sont classés en Habitation de 3ème famille (famille limitée à un immeuble collectif en R+7 maximum), en R+4 pour le bâtiment Bourgonnier et R+3 pour le bâtiment Madelaine. La ville d'Angers est localisée en zone de sismicité faible (zone 2), avec pour les bâtiments une catégorie d'importance II. Dans le cadre des travaux, aucune justification sismique n'est à prévoir.

Le bâtiment en structure porteuse béton justifie d'une stabilité au feu 1h pour les porteurs verticaux, et d'un coupe-feu 1/2heure pour les planchers courants. Les combles étant communicants, les plafonds doivent justifier d'un coupe-feu 1/2heure pour l'ensemble. Actuellement, un plafond type placo plâtre est en place.

Les travaux du projet consistent à l'isolation par l'extérieure des façades du bâtiment existant, ainsi que le remplacement des menuiseries extérieures. Trois typologies de façades sont prévues :

- Façades à ossature bois avec bardage bois prévu en pose verticale, et isolation en ouate de cellulose (bâtiment Bourgonnier)
- Bardage bois prévu en pose verticale avec isolation en laine de roche (bâtiment Madelaine)
- Enduit sur isolation en laine de roche (bâtiment Madelaine)

3. Documents de justification pris en compte

La base de documents et règles pris en compte pour la justification du FOB sont les suivants :

- DTU 31.4 : Façades à ossature bois.
- DTU 41.3 : Bardage bois.
- « *Etat des lieux sur la compatibilité entre revêtements extérieurs et FOB* », février 2025.
- « *Prescription technique pour la mise en œuvre des bardages bois en lames sur façades à ossature bois (FOB)* » _ Rapport FOBBARD, septembre 2025.
- « *Bois construction et propagation de feu par les façades* » version 4, juillet 2023.
- Etude géotechnique, Mission G2AVP et G5, réalisée par IGESOL, novembre 2025.
- Diagnostic visuel et sondage instrumenté, réalisé par SOCOTEC, mai 2026.
- Avis techniques SYbois n°2944_V3 délivré par le CSTB, en cours de mise à jour.
- PV feu en vigueur pour les bardages bois, en cours de mise à jour.

4. Hypothèses prises en compte pour la justification :

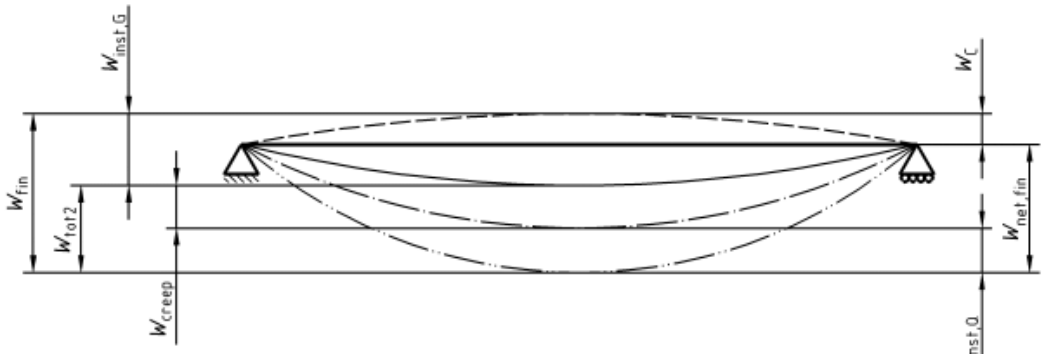
Charge permanente de façade ossature bois (FOB) : G

- Doublage intérieure placo BA18 EI60 + isolation laine de roche ép. 45 mm.
- Ossature bois BM section 45x220mm, e = 600 mm + isolation ouate de cellulose insufflée ép. 220 mm.
- Panneau OSB 3 ép 13mm (anti-termite, contreventement et pare-vapeur).
- Ecran thermique panneau plâtre renforcée 20mm (pare-pluie).
- Finition extérieure bardage bois ventilé (classement au feu mini D-s2,d0) ép. 21 mm.
  ⇨ G = 79 daN/m²

Charge de vent : W

- Région 2
- Rugosité de terrain IIIb
- Hauteur bâtiment ~ 16m
  ⇨ $q_p(z)$ = 61 daN/m² / Cp_{net} maxi = 1.4

Critères de déformation :



w_c est la contreflèche (si elle existe) ; w_{fin} est la flèche finale ;

w_{inst} est la flèche instantanée ; $w_{net,fin}$ est la flèche résultante finale.

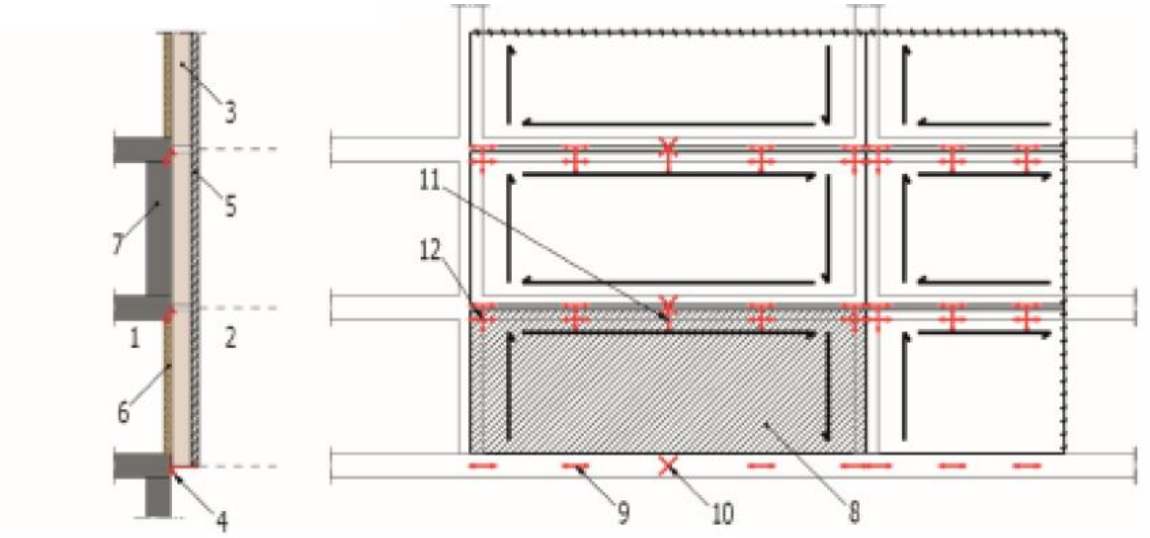
w_{creep} est la flèche de fluage ; $w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$

D'après la documentation, les FOB sont justifiées en contraintes et en déformation sous charge de vent et prenant en compte des déformations maximales de :

- Flèche verticale active L/500 entre appuis (pour la poutre support intégrée)
- Flèche horizontale instantanée L/500 (pour les montants d'ossature)

5. Principe de FOB proposé

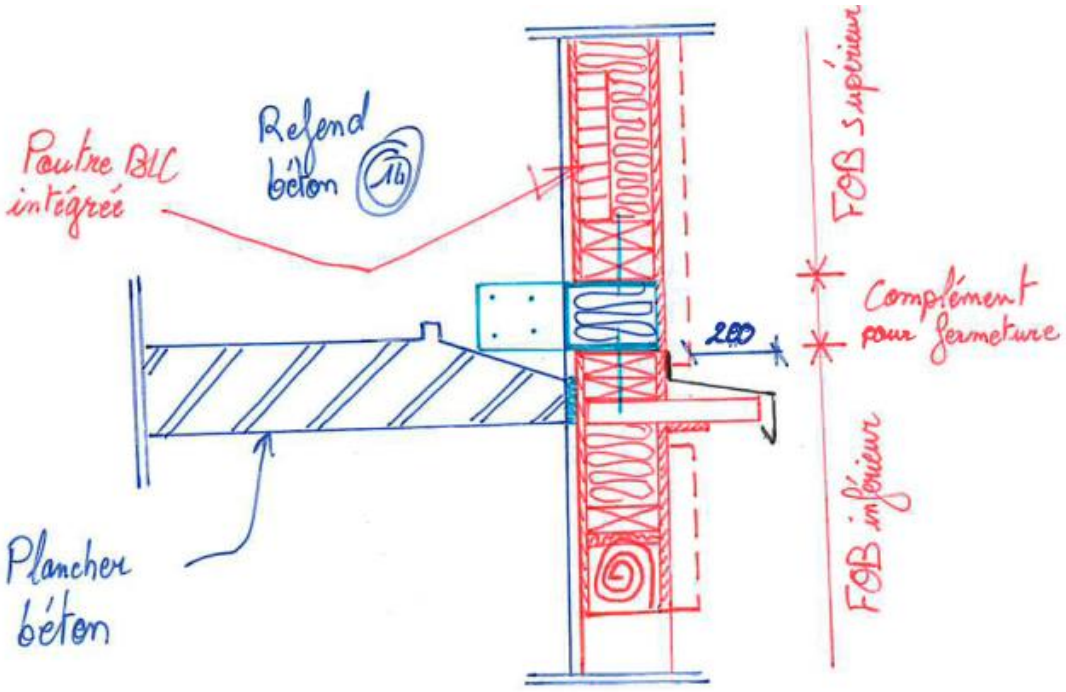
Dans le cadre du projet, la FOB est considérée d'après le DTU 31.4 comme filante avec appuis multiple (fixation sur refends d'étage). Cette solution est proposée afin de mieux répartir les charges de façades sur l'ensemble du bâtiment, et du fait que le bâtiment est actuellement supérieur à 3 niveaux, ne permettant pas d'être appuyé uniquement en pied.



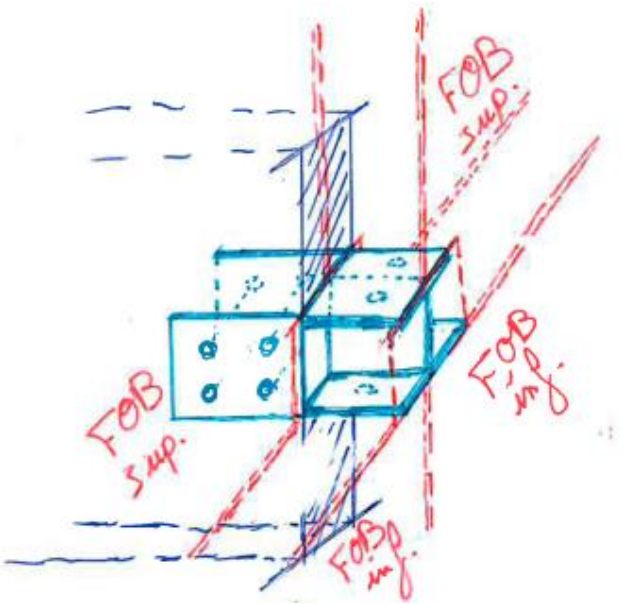
Légende

1 Côté intérieur
2 Côté extérieur
3 Façade ossature bois interrompue en bande horizontale
4 Appui
5 Avec ou sans complément d'isolation thermique par l'extérieur
6 Avec ou sans complément d'isolation thermique par l'intérieur
7 Paroi pleine
8 Panneau de façade en bande horizontale
9 Appui autorisant uniquement le déplacement horizontal
10 Appui n'autorisant aucun déplacement
11 Appui autorisant uniquement le déplacement vertical
12 Appui autorisant les déplacements horizontaux et verticaux

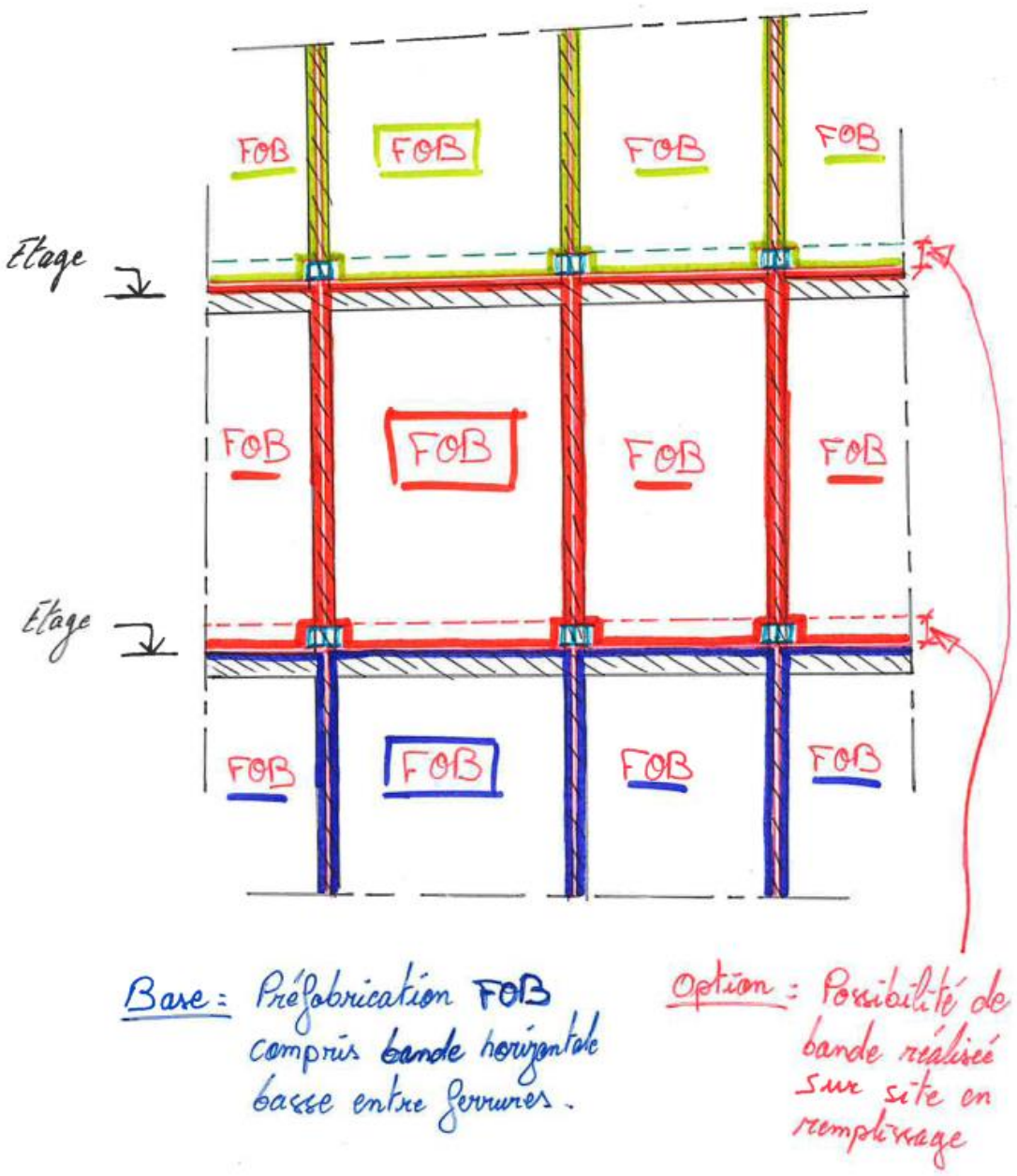
Figure 4 Principe de façade filante avec appui multiples (coupe verticale à gauche)



Chaque panneau FOB comprendra une poutre en lamellé collé permettant de reprendre les charges gravitaires pour que celles-ci soient renvoyées dans les appuis d'ancrage. Ces ancrages courants (entre étage) seront réalisés par ferrures fixées sur chaque refends béton par chevilles ou tiges filetées traversantes permettant de renvoyer directement dans les murs et jusqu'aux fondations les efforts gravitaires des FOB et les efforts de vent appliqués en façade.



Les ferrures d'ancrage comporteront des trous oblongs afin de permettre la libre dilatation des FOB dans leur plan et en verticale (en tête et en pied).



Dans l'attente de la mise à jour des DTU, les professionnels de la filière bois ont travaillé sur des documents évoquant la mise en œuvre de bardages bois sur FOB, pouvant être un potentiel levier de frein technique à la construction bois. Dans le cadre du projet, les Avis Technique réalisé, les rapports de classement de réaction eu feu pour les bardages bois, ainsi que les documents suivants servent de base pour la validation du procédé de bardage bois sur FOB :

- « *Etat des lieux sur la compatibilité entre revêtements extérieurs et FOB* », février 2025
- « *Prescription technique pour la mise en œuvre des bardages bois en lames sur façades à ossature bois (FOB)* » _ Rapport FOBBARD, septembre 2025

6. Justification structurelle du FOB sur les existants :

Superstructure existante :

L'extrait du rapport de SOCOTEC avec les indications sur les nez de planchers montre que les planchers font 14 cm en rive et les murs de refends sont en béton armé de 14 cm.

FICHE N°4.	PLANCHER HAUT DU REZ DE CHAUSSÉE
	

Constats

- Nez de plancher béton armé épaisseur 14 cm
- Équerres métalliques ailes 50 mm visées au nez de plancher
- Capotage de protection du nez collé aux équerres
- Radar de détection des armatures impossible à réaliser vu la géométrie de l'ensemble
- Distance nu extérieur du capotage au nez de plancher 32 cm
- Absence de pathologie

FICHE N°1.	MURS DE REFEND DU BÂTIMENT À PROXIMITÉ DE L'ENTRÉE
	

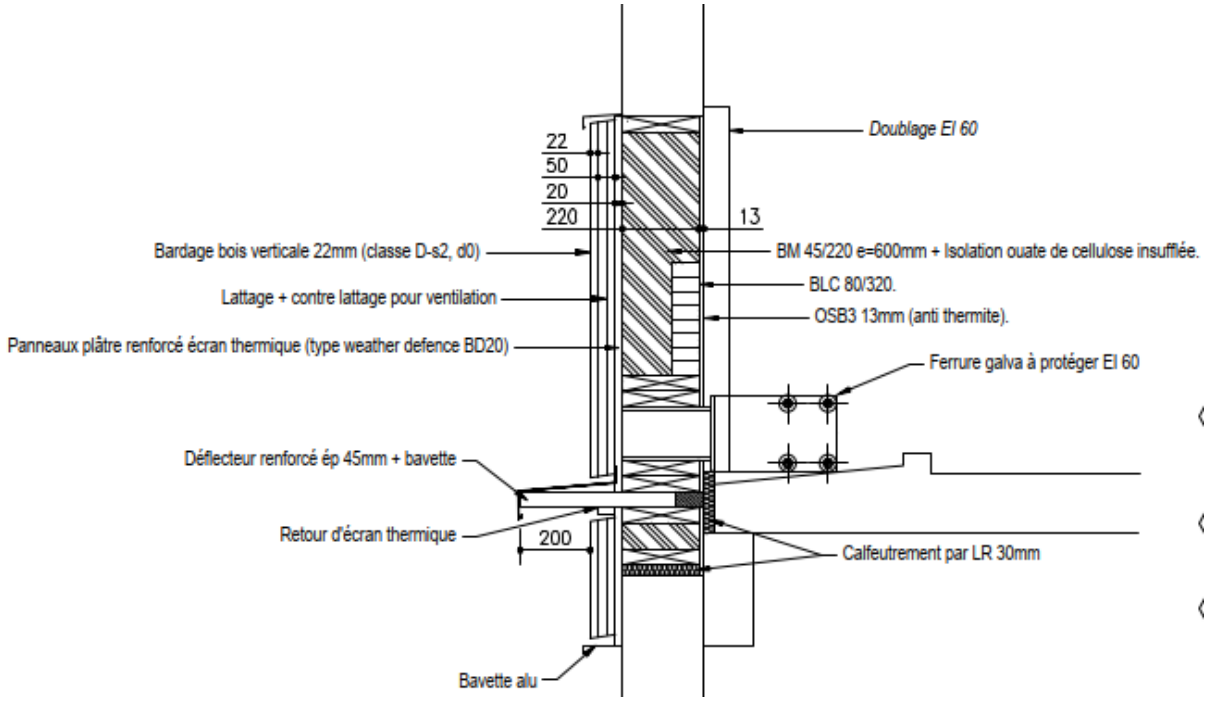
Constats

- Murs de refend béton armé
- Épaisseur 14 cm
- Enrobage des armatures 2 cm environ
- Absence de pathologie visuelle

Reportage photographique complémentaire

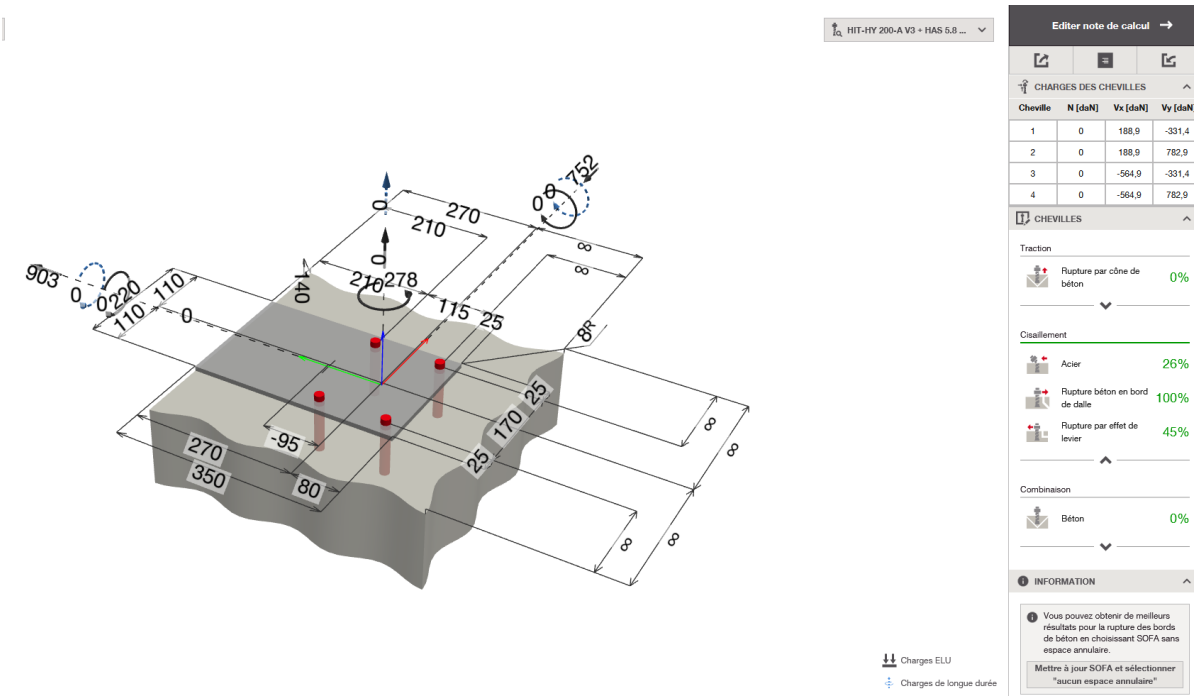
	

Le projet prévoit la mise en place d'un FOB et d'un déflecteur sur les façades.



D'un point de vue de fixation des les refends existants, une justification par calcul a été réalisée dans un premier pour valider la faisabilité. Par simplicité, la vérification a été réalisée en prenant en compte les hypothèses suivantes :

- Un béton de classe C20/25.
- Un seul plan de cisaillement
- La charge gravitaire verticale et un moment d'excentrement appliqué à la ferrure.
- La charge de vent horizontale



Fondations existantes :

Actuellement, les menuiseries de façades ont un poids estimé à 30 kg/m^2. Le FOB a un poids de 79 kg/m^2. La charge supplémentaire appliquée est donc de 49 kg/m^2. La charge supplémentaire apportée à l'appui est de 0.049t/m^2 X 1.5 (allège et retombée sous plancher) 2.5 X 5 étages = 0.91 t.

Selon l'étude de sol d'IGESOL en date du 20/11/2025, la contrainte de sol retenu est de 0.70 Mpa. Les fondations existantes pourront être rechargées par un système de FOB.

Contrainte admissible pour le dimensionnement des fondations

Selon la méthode pressiométrique

Sondages	Faciès d'ancrage	Prof. Encastrement (m)	Ple*(MPa)	Kp	Rv ;d/A'	
					ELU (MPa)	ELS (MPa)
SP1	Schiste altéré	-3,05	2,450	0,8	1,167	0,710
SP2		-1,60	2,420		1,152	0,701

Selon la méthode pénétrométrique

Sondages	Faciès d'ancrage	Prof. Encastrement (m)	Rd (Valeur min. - MPa)	Rv ;d/A'	
				ELU (MPa)	ELS (MPa)
PD1	Schiste altéré	-2,00	82,04	6,977	4,247

Conclusions :

Contraintes de sol retenue (sous charge verticale centrée) = 1152 kPa à l'ELU soit 701 kPa à l'ELS

Selon la méthode pénétrométrique

Résidence	Sondages	Faciès d'ancrage	Prof. Encastrement (m/TN)	Cote relative (m)	Rd (MPa)	Rv ;d/A'	
						ELU (MPa)	ELS (MPa)
Résidence Universitaire Bourgonnier	M2 (PD1)	Altérite de schiste	-1,27	41,42	6,56	0,558	0,340

Ainsi, au plus défavorable, la contrainte admissible retenue du sol d'assise actuel des fondations existantes à recharger sera de 558 kPa à l'ELU et 340 kPa à l'ELS, **soit 55,8 t/m² à l'ELU et 34,0 t/m² à l'ELS**.

La résidence est fondée sur un réseau de semelles isolées.
Selon le sondage M3, nous pouvons faire l'hypothèse de semelles isolées longues de 2,00 m et de largeur 1,60 m (considérant un mur de 0,20 m d'épaisseur ancré sur la fondation), soit une surface de 3,2 m².
Considérant les hypothèses concernant le mode et le type de fondations des immeubles, nous validons la possibilité de recharger les fondations existantes sans excéder 100 t par élément de fondation aux ELS.

7. Justification pour la sécurité incendie du FOB en façade :

La conception actuelle des façades est proposée avec application du « Guide Bois construction et propagation du feu par las façades ». Ce guide a pour valeur d'appréciation de laboratoire et inclue les bâtiments d'habitation de 3ème famille (Cf. extrait du guide, préambule)

> Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) est un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), laboratoire pilote agréé en résistance et réaction au feu auprès du ministère de l'intérieur, suivant les dispositions de l'Arrêté du 5 février 1959 portant agrément des laboratoires d'essais sur le comportement au feu des matériaux. L'Institut Technologique FCBA est un Centre Technique Industriel (CTI) agréé en réaction au feu suivant les dispositions de l'Arrêté du 5 février 1959 portant agrément des laboratoires d'essais sur le comportement au feu des matériaux. **A ce titre, le présent document a valeur d'Appréciation de laboratoire au sens de l'article 5.3 de l'Instruction Technique 249 version 2010 [1]**.
>
> Il traite des **dispositions constructives**, prises en application des objectifs de sécurité incendie fixés par le Code de la Construction et de l'Habitation, **qui visent à prévenir le risque de propagation du feu par l'extérieur d'un bâtiment via des façades intégrant du bois et comportant des baies vitrées**. Les façades visées sont celles constituées d'un bardage ventilé mis en œuvre sur des parois porteuses ou non-porteuses réalisées en ossature bois, ou en panneaux bois monobloc de type panneaux en bois massif contrecollés et contrecloués, ainsi qu'en éléments de maçonnerie.
>
> Le présent document est rédigé en application de l'Instruction Technique 249 version 2010 [1] et vient en préciser et compléter les dispositions constructives définies en particulier dans sa section 2.4. **Les dispositions proposées concernent les Etablissements Recevant du Public (ERP) et les bâtiments d'habitation de la 3ème et 4ème famille dans la limite des prescriptions relatives à la réglementation propre à chaque type de bâtiment.**

La conception des façades reprend les principes suivants :

- C+D > 1.30m.
- Bardage ventilé bois (pose verticale), ép. 21 mm (Classement au feu mini D-s2, d0).
- Ecran thermique en partie extérieure par panneau plâtre renforcé ép. 20 mm (EI 30).
- Déflecteur renforcé en nez de plancher, L = 20 cm (à partir du nu extérieur du bardage).
- Dispositif d'obturation de lame d'air non requis.
- Finition intérieure par placo (EI 60).

Le tableau suivant synthétise les obligations de conception vis-à-vis de feu en façades en fonction du type de bardage appliqué. Dans le cas du projet, le FOB comprend un écran thermique en plâtre renforcé, ainsi qu'un bardage en bois ventilé à pose verticale.

Type de bardage bois: lames selon NF EN 14915 et DTU 41.2 ou panneaux CP selon DTU 41.2 ou panneaux stratifiés selon NF EN 438-7 et DTU 41.2	Orientations du bardage admises	Classement au feu	Epaisseurs du parement admises	Longueur du débord du déflecteur en mm par rapport au nu extérieur du bardage en fonction du type de bardage et d'écran thermique			Obligation d'un dispositif d'obturation de lame d'air	Obligation d'un déflecteur renforcé
				Type d'écran thermique				
				Plaque de plâtre type H1 BA13	Plaque de plâtre type H1 BA18	Plaque de plâtre renforcées		
Bardage lames	horizontale	D-s2,d0	≥26mm	≥150	≥150	≥150	Requis	Non requis
Bardage lames	verticale/oblique	D-s2,d0	≥26mm	≥200	≥200	≥200	Requis	Non requis
Bardage lames	toutes	D-s2,d0	20-22 mm	non autorisé	non autorisé	≥200	Non requis	Requis
Bardage panneaux CP	toutes	D-s2,d0	21-22 mm (*)	≥200	≥200	≥200	Non requis	Requis
Bardage lames	horizontale	C-s2,d0	≥26mm	≥100	≥100	≥100	Requis	Non requis
Bardage lames	verticale	C-s2,d0	≥26mm	≥200	≥200	≥200	Requis	Non requis
Bardage lames	toutes	C-s2,d0	20-22 mm	non autorisé	non autorisé	≥200	Non requis	Requis
Bardage panneaux CP	toutes	C-s2,d0	18-22 mm	≥200	≥200	≥200	Non requis	Requis
Bardage lames ignifugées	toutes	B-s3,d0	≥26mm	≥50	≥50	≥50	Non requis	Non requis
Bardage lames ignifugées	toutes	B-s3,d0	20-22 mm	pas de solution générique filière actuellement				
Bardage panneaux stratifiés	toutes	B-s3,d0	8 mm	≥50	≥50	≥50	Non requis	Non requis
Bardage panneaux et plaques	toutes	A2-s3,d0	toutes	≥20	≥20	≥20	Non requis	Non requis

(*) L'utilisation de panneaux d'épaisseur nominale supérieure à 26 mm est possible. Les solutions doivent dès lors être reprises du carnet de solution 3.1.1 (solutions avec obturateur de lame d'air).

En ce qui concerne le traitement des baies, les façades prendront en compte les contraintes de retour d'écran thermique ainsi que des bavettes d'acier autour des menuiseries d'après le principe du Guide bois et propagation du feu par les façades.

