

# Préfabrication de modules de rénovation pour le bâtiment « L'étape » à La-Charité-sur-Loire : démonstrateur du projet Bertim

Hervé Coperet  
Consultat Technique chez POBI Industrie  
La Charité sur Loire, France



Zaratiana Madrara  
Ingénieur de Recherche et Innovation  
FCBA Pôle IBC  
Bordeaux, France



## 1. Présentation du bâtiment « L'Etape »

Le bâtiment « L'Etape » a été construit au début des années 1960. Ce bâtiment appartient à la ville de la charité sur Loire. Le bâtiment héberge au RDC les Restaurants du Cœurs, et des logements intermédiaires se situant entre le logement d'urgence et l'habitat social. La surface totale de plancher habitable est de 502m<sup>2</sup>.

L'objectif de la ville est de réhabiliter l'immeuble pour répondre à des besoins spécifiques de logement temporaire liés à une activité de formation, de contrat d'intérim ou d'autres activités de courte durée, de transition entre deux logements. Ces besoins s'expriment également en notion de logement partagé.



Image 1 : Façade principale Sud du bâtiment

Il s'agit d'un immeuble R+3 de forme rectangulaire avec une façade principale orientée vers le sud donnant sur la place de l'Europe:

**Façade Sud** : façade principale, entrée de l'immeuble, cage escalier avec double châssis, balcons sur séjour avec accès par porte-fenêtre 3 vantaux, une chambre avec une fenêtre,

**Façade Nord** : Fenêtres à gauche et à droite donnent sur des chambres, fenêtre centrale donne sur la cuisine et un système de ventelle constitué de montant bétons verticaux,

**Façade Ouest** : Fenêtre donne sur une chambre, présence d'un doublage parement pierre à droite de la façade,

**Façade Est** : 2 châssis sur la façade donnant sur la salle d'eau.

### 1.1. Description des enveloppes et équipements

#### 1.1.1. Structure du bâtiment

**Murs extérieurs** : Les murs extérieurs sont en parpaings, avec deux files de murs de refend porteurs.

**Le plancher** est constitué de poutrelles, hourdis béton corps creux et dalle en béton armé. Les poutrelles portent du premier mur pignon vers le deuxième avec deux murs de refend intermédiaires. Le bâtiment ne présente pas d'importants désordres structurels.

**Toiture** : toiture à une pente. Isolation prévue en dessus de la dalle de toiture.

**Isolation extérieure** : absence d'isolation des parois verticales extérieures, du plancher bas du rez-de-chaussée.

**Menuiseries extérieures** : menuiseries extérieures en bois, à simple vitrage.

**Ventilation des locaux** : Ventilation statique des logements par grilles en façades et gaine verticale dans la cuisine. Des problèmes d'entretien des grilles rendent le système inefficace. Les studios ne sont pas ventilés.

**Chauffage** : Le chauffage collectif est accordée à la chaufferie de la ville.

Chaque étage est ensuite alimenté en radiateurs à eau chaude, un même circuit de chauffage alimentant toutes les pièces se superposant d'un étage à l'autre (un circuit pour tous les séjours, un circuit pour tous les dégagements, un circuit pour chaque salle de bain, etc...).

**Electricité** : Présence de plusieurs tableaux électriques par logement

**Revêtement de sol** : à majorité carrelage, présence de revêtement souple linoléum dans certaines pièces.

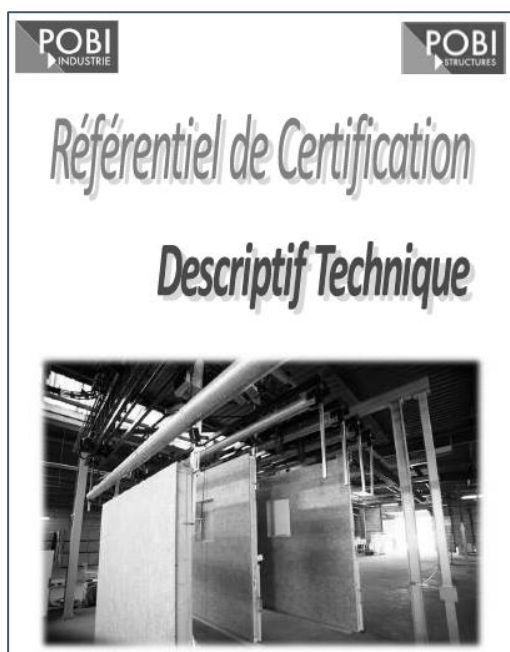
## Revêtements muraux et plafond :

Mis à part le logement du premier étage qui a été complètement refait, tous les autres logements sont dans un état de vétusté variable. La mauvaise ventilation (ou son absence) est source de dégradations importante (traces de gras dans les cuisines, décollément par humidité dans les salles de bains).

## 2. Conception de la rénovation

### 2.1. Procédures de certification

Un référentiel de certification des solutions de rénovation a été développé dans le cadre du projet BERTIM comportant les procédures d'évaluation des performances basées sur un dossier technique, sur les modes de suivies par fiches et photographies et sur des mesures en usine et sur site de mise en œuvre. Le bâtiment « L'étape » a fait office de premier exemple de certification pour l'entreprise POBI.



Chapter	Contains
Manufacturer presentation	Manufacturer registered Address
	Manufacturing site address
	Commercial agency address
	Activity sector
	Constructive technique
	Construction type
Analysis of the different compositions and parts of the systems	Destination and market
	Characteristics and specifications of the materials and components used
	Design and implementation
	Compliance with applicable regulations
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exterior cladding</li> <li>• External wall</li> <li>• Roof</li> <li>• Joinery</li> <li>• Insulation and airtightness</li> </ul>
Construction system selected	Description of the constructive systems selected : Wall-Roof
Construction performances	Level of performance of constructive systems <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanical stability</li> <li>• Water tightness</li> <li>• Air tightness</li> <li>• Acoustic insulation</li> <li>• Thermal insulation</li> <li>• Fire security</li> <li>• Limit of use</li> <li>• applicable standards and regulations</li> </ul>
Notebook supplied by the manufacturer	Set of schematics and details needed to define the system: <ul style="list-style-type: none"> <li>• out transverse and longitudinal sections on each part of the construction</li> <li>• Connection between the vertical and horizontal walls, between two vertical walls ...</li> <li>• Connection of joinery and vertical and horizontal walls</li> <li>• All the particular details specific to the constructive system studied</li> </ul>

Image 2 : Dossier technique pour la certification

La certification effectuée par FCBA dans BERTIM sur les modules prévus pour la rénovation de ce bâtiment prend en compte la caractérisation de l'enveloppe existant (performances mécanique, énergétique, acoustique), passant par la fabrication et jusqu'à l'enveloppe rénovée réalisée à l'issue du démonstrateur.

### 2.2. Performances du bâtiment existant

#### 2.2.1. Relevé géométrique

Le projet BERTIM a permis l'application de plusieurs méthodes de relevés des façades du bâtiment à Charité sur Loire. Nous avons testé la méthode par scanner 3D, par photogrammétrie et drone et la méthode par station totale.

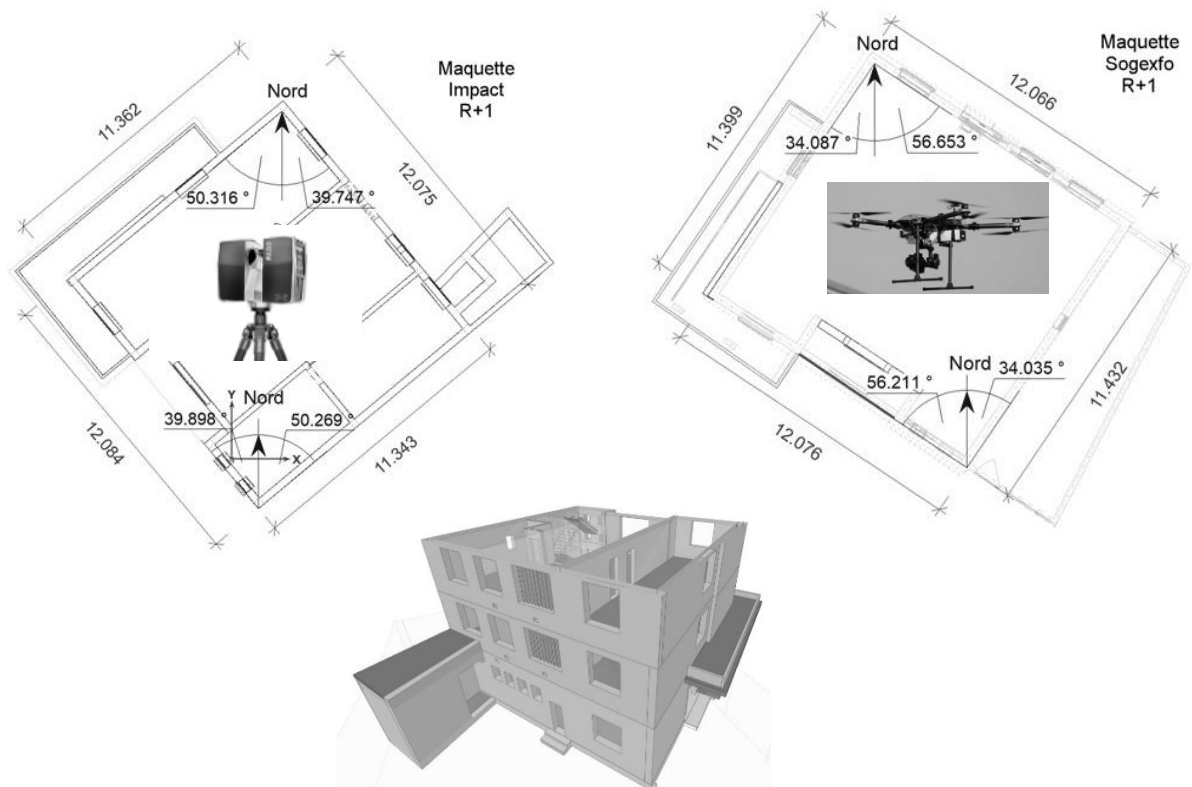


Image 3 : Différences entre les relevés par SCAN laser 3D et Photogrammétrie pour l'obtention de maquette numérique

Aujourd'hui, les maquettes numériques obtenues par scanner laser 3D, et par photogrammétrie et drone sont difficilement exploitables par les logiciels métiers sans un traitement supplémentaire important. En effet la précision demandée dans le cahier des charges (5mm) ne peut pas encore être satisfaite pour les technologies actuelles du marché malgré l'effort poussé effectué par l'équipe BERTIM et les prestataires professionnels choisis.

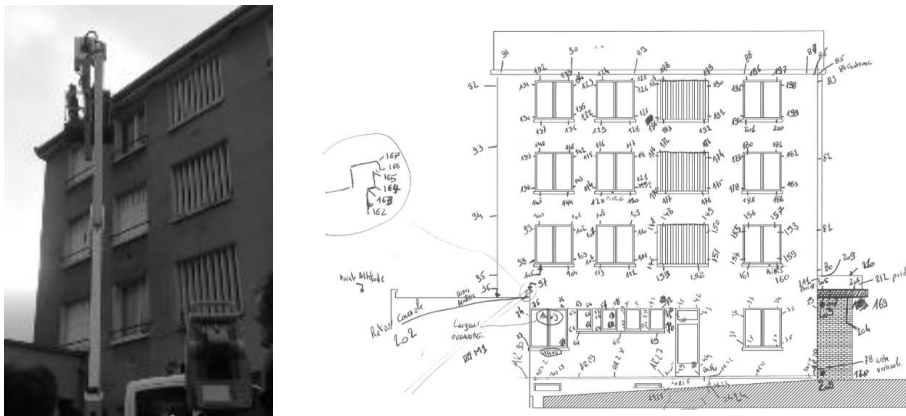


Image 4 : Relevé du bâtiment par Station totale (théodolite)

Au final, les relevés obtenus par une station totale LEICA, en deux fois (520points de mesures), ont permis de redessiner le bâtiment sur DIETRICH'S au plus près des dimensions réelles du bâtiment.

Cette démonstration a donc permis de constater le manque de précisions que pourraient engendrer les techniques du marché en matière de relevé géométrique du bâtiment si l'opération n'est pas étudiée à l'avance, avec des méthodes définies, un traitement important et une vérification sur place après modélisation.

### 2.2.2. Performance énergétique

Un diagnostic des enveloppes a été effectué avec l'aide d'une caméra thermique et des mesures de températures et de flux de chaleur qui traverse les murs.

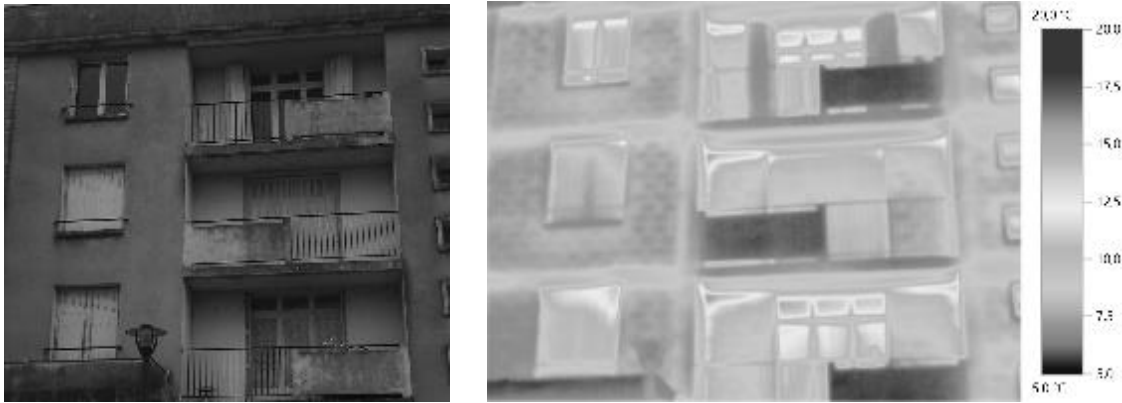


Image 5 : Constatation des ponts thermiques sur le bâtiment existant par caméra infrarouge : liaisons plancher et murs extérieurs, balcon, contour des ouvertures ( $T_{ext} = 7^{\circ}\text{C}$  et  $T_{int} = 18^{\circ}\text{C}$ )

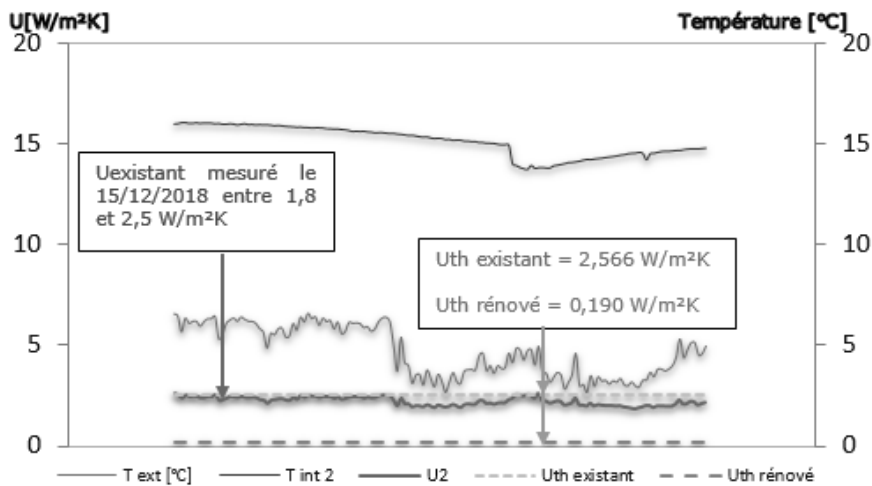


Image 6 : Extrait d'enregistrement de mesures sur 24h (15/12/2018)

Les coefficients transmissions thermiques  $U[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$  théoriques basés sur les conductivités thermiques des composants sont plus importants que ceux qui sont mesurés.

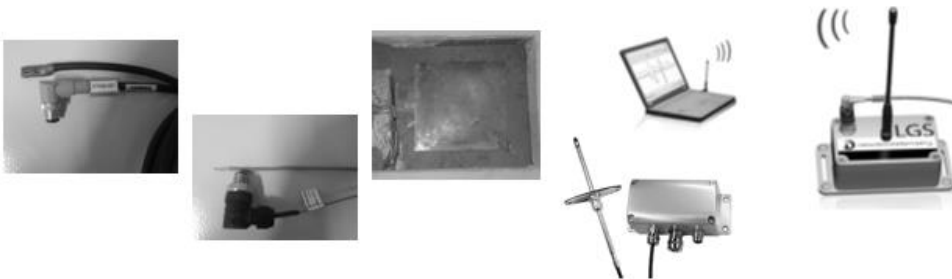


Image 7 : Instruments d'enregistrement de température, humidité relative et flux thermique

La performance actuelle du bâtiment correspond à une consommation annuelle de  $200\text{KWh}/\text{m}^2/\text{an}$  : classe D selon la réglementation RT2012. L'objectif du projet est de réduire cette consommation d'au minimum 50% par une rénovation des enveloppes : isolation et remplacement des menuiseries, ventilation intégrée dans les menuiseries.

## 2.3. Choix des murs à rénover

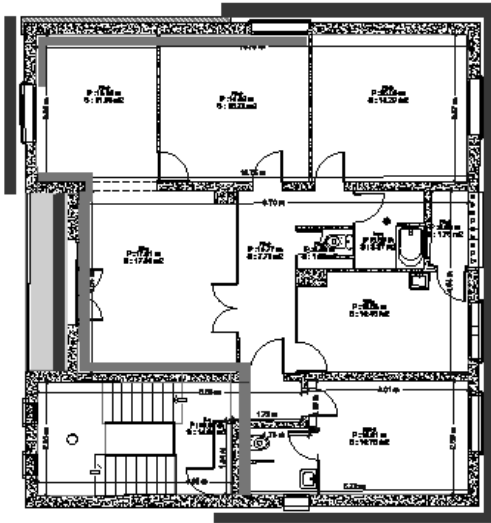


Image 8 : Plan présentant le choix de rénovation sur le bâtiment sur R+1 à R+3

Rouge : rénovation par l'extérieur avec les modules BERTIM

Vert : Opération d'isolation par l'intérieur : projet en phase 2 par la mairie

## 2.4. Performances énergétiques après rénovation

Dans le cadre de BERTIM, nous avons appliqué l'outil d'aide à la décision RENOBIM avec des variantes de solutions proposées pour le démonstrateur, parallèlement à des calculs réglementaires RT2012 existant.

Les résultats de simulation sur plusieurs variantes de solution d'isolation extérieure prévoient jusqu'à 72% d'énergie sauvegardée. Les simulations permettent de passer d'une consommation de 220KWh/m<sup>2</sup>an (DPE classe D) à entre 60 et 90KWh/m<sup>2</sup>an (DPE classe B). La solution retenue par la mairie correspond à une consommation approximative de 85 KWh/m<sup>2</sup>an avec la solution qui présente un meilleur rapport qualité/prix et ainsi le meilleur ROI. L'épaisseur d'isolant principal de 120mm est standard pour l'usine et n'engendre pas de modification ou création d'article sur la ligne de production.

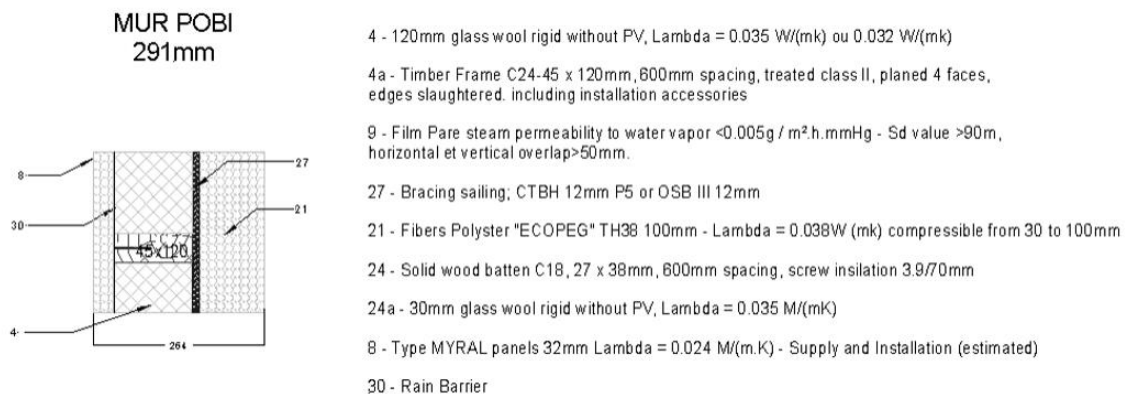


Image 9 : Composition des modules préfabriqués

### Détail 1 : LIAISON ANGLE avec Parement PIERRE

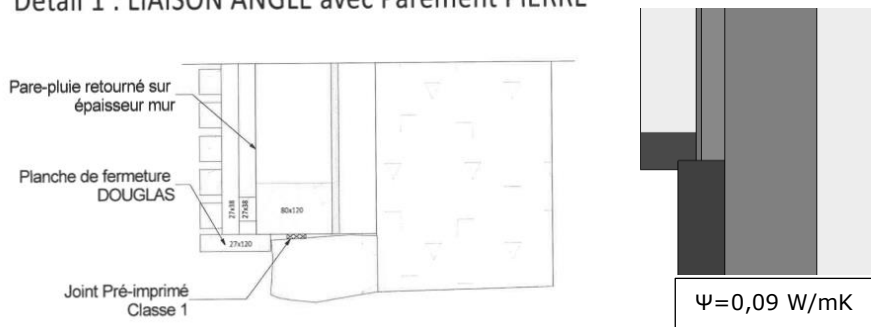


Image 10 : Exemple de détails sur les points singuliers avec une simulation des ponts thermiques

Le dossier technique d'étude permet de valider la conception théorique et qui sera complété par les vérifications en usine et sur terrain après chantier.

## 3. Préfabrication des modules de préfabrication en usine

### 3.1. Présentation de l'usine de fabrication POBI

POBI est une entreprise familiale créée en 1929, à la Charité-sur-Loire, dans la Nièvre, près de Nevers. Au fil des années, POBI développe différentes activités : Fabricant de charpentes industrielles et traditionnelles, fabricant de panneaux à ossature bois, offre globale pour les maîtres d'ouvrages.

AST Groupe (siège social à Décine Charpieu, Rhône), constructeur, promoteur et aménageur depuis 1993, leader sur le marché en Rhône-Alpes et Bourgogne, coté en Bourse, acquiert l'outil industriel POBI afin d'en faire l'unité de production d'ossatures bois pour son nouveau réseau de construction de maisons ossature bois (la marque Natilia).

### 3.2. Les étapes de préparation et études de la préfabrication

- Relevé complémentaire du bâtiment avec précision : marge d'erreur de 10mm,
- Etude technique d'exécution : notes de calculs, plan d'exécution,
- Ordonnancement de la production :
  - o Fabrication en flux synchrone des menuiseries
  - o Préparation des débits spécifiques : bois, isolants, ...
- Préparation/réception des commandes de matériaux
- Fabrication

**Durée de l'étape : Indication expérimentale (10 Jours)**

### 3.3. Les étapes de fabrication POBI : LEAN Manufacturing

L'usine fonctionne selon le LEAN MANUFACTURING (Excellence Opérationnelle), un système de gestion de production, calqué sur celui de l'industrie automobile, basé sur trois éléments fondamentaux : la réduction des coûts par l'élimination des gaspillages, la production en juste à temps, la qualité.

Dans l'Image 11 : 1-Débit Traverses ouverture, 2-Montage Chevêtre, 3-Montage Chevêtre, 4-Pose Pare-vapeur - Pose deux faces, 5-Pose Sangle de levage, 4-Pose Isolant Laine de verre, 5-Pose des voiles travaillants, 6-Agrafage et découpe voile travaillant, 7- Appel Balancelle et récupération des cannes, 6&7-Encollage voile travaillant, 6&7-Pose du Polyester, 7-Prise en charge mur par convoyeur, 8-Agrafage du pare-pluie, 8-Découpe du Pare-pluie + Etanchéité, 9-Pose larmier bas et Haut, 9-Pose bardage MYRAL, 10&11-Découpe des ouvertures, 10&11-pose et étanchéité des menuiseries PVC, 13-Vérification panneau.

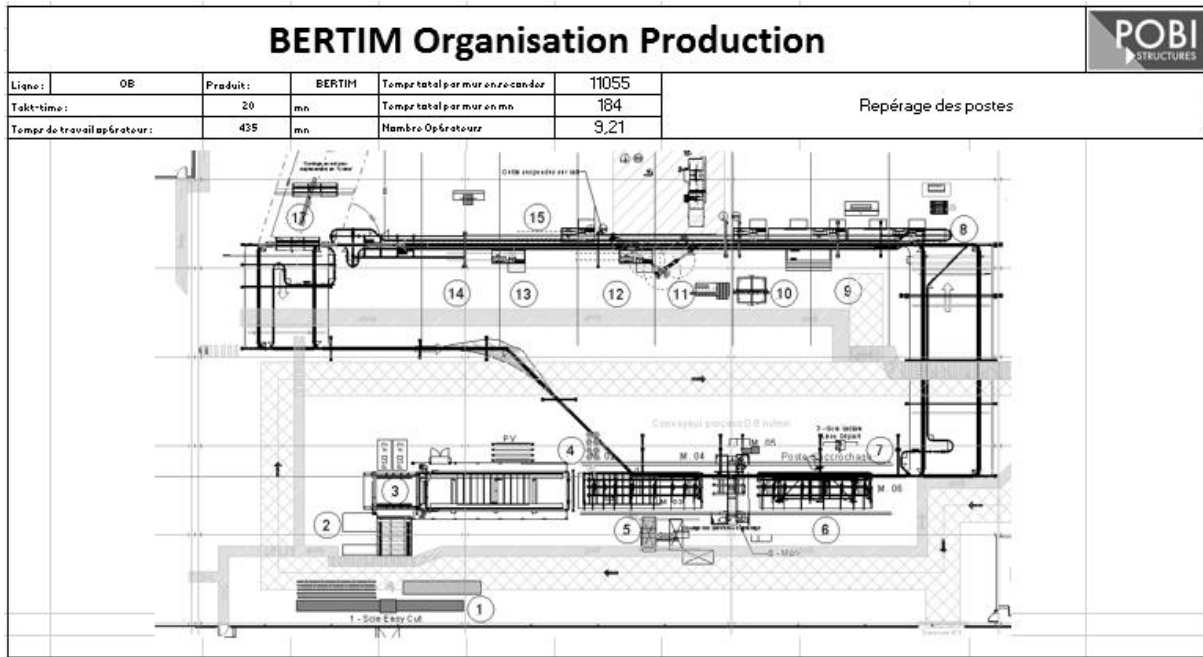


Image 11 : Organisation de la production en usine

### 3.4. Simogramme de fabrication de panneau à ossature bois

Le graphique suivant représente le simogramme (gestion des temps) de fabrication pour un exemple de panneau : 8 opérateurs sur ligne. La production d'un mur de 6,60m \* 2,70m est de 23min.

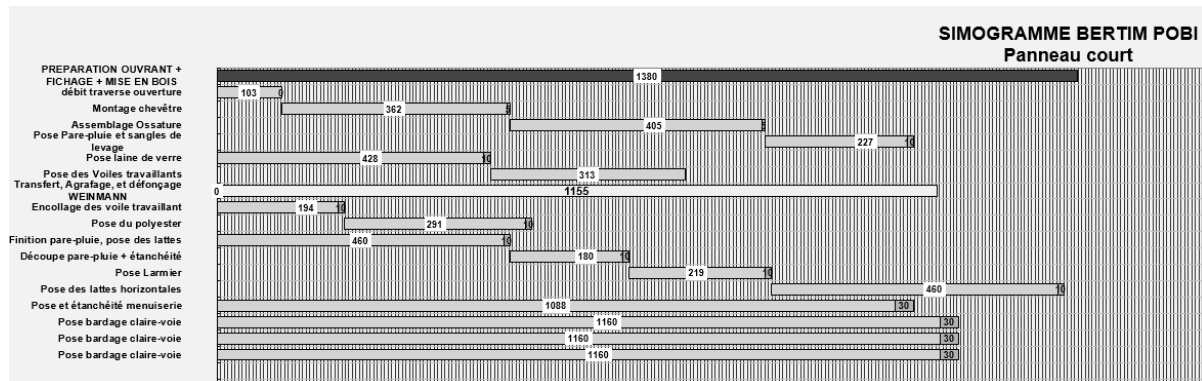


Image 12 : Exemple pour un panneau court

Le nombre de murs prévus pour la rénovation du bâtiment « L'étape » est de 15panneaux préfabriqués en usine sur 284m<sup>2</sup> et une prévision d'adaptation sur chantier de 118m<sup>2</sup>. Les menuiseries sont intégrées dans les murs en usine, ainsi que la vêtue extérieure. Au total, la surface de la rénovation est de 402m<sup>2</sup> de mur.

## 4. Mise en œuvre sur chantier

La durée prévisionnelle du chantier est de 5jours

Moyens de levage :

- Grue mobile PPM 30m de flèche
- Nacelle

Equipe de pose : 3 personnes et 1grutier

Etapas de montage :



Implantation des équerres de fixation suivant le plan défini par le bureau d'études et par les traits de référence (cordeau de référence) définis aux relevés géométriques à la Station Totale. Ensuite montage des panneaux préfabriqués à partir du niveau R+1.

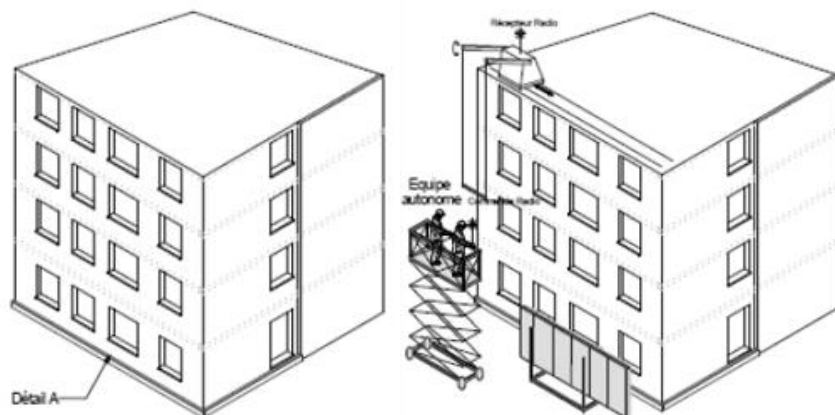


Image 13 : Pose des panneaux par niveau : les premiers panneaux correspondent au 1er étage



Image 14 : Façades du bâtiment « L'Etape » après rénovation

## CONCLUSION

Le projet BERTIM (Building Energy Renovation through Timber prefabricated Modules) a bénéficié d'un démonstrateur réel grâce à la réalisation d'une opération de rénovation sur trois niveaux du bâtiment « L'Etape » appartenant à la ville de Charité sur Loire. Dans le cadre du projet BERTIM, la tâche de démonstration comporte la caractérisation des enveloppes existants et relevés géométriques. Ensuite, la conception des modules préfabriqués : modélisation architecturale, dimensionnement mécanique, énergétique et environnemental, étude économique. Par la suite, nous avons pu expérimenter les étapes de préfabrication à l'usine de POBI et enfin la réalisation sur chantier. En dehors des expérimentations et études menées pour le projet BERTIM, les opérations proprement dites d'étude, d'approvisionnement, de préfabrication et de mise en œuvre ont duré 1 mois au total : ce délais court est un des avantages appréciables en faveur des solutions de rénovation préfabriquée à base d'ossature bois, en plus des performances reconnues.

## Remerciements



Ce projet a été financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre des conventions de subvention n° 636984 et 732513, ainsi que la ville de La Charité sur Loire.