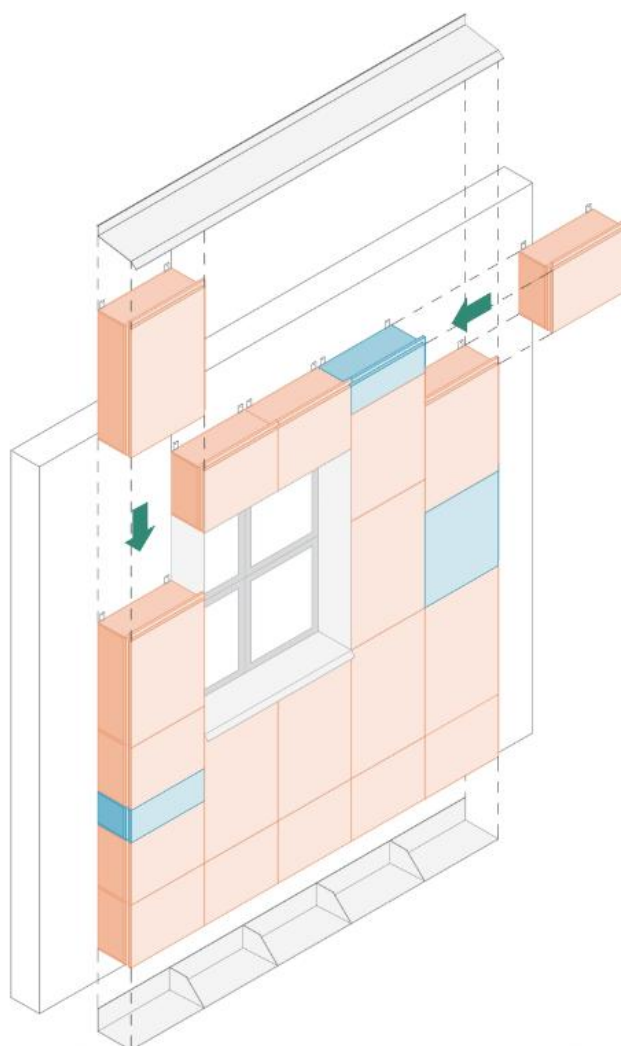


# GUIDE TECHNIQUE Solution Élément'R

Novembre 2025



RAPPORT RESTORE



---

## **RÉDACTION**

### **Équipe de conception :**

Marie BLANCKAERT (BLAU)

Emma UGHETTI (BLAU)

Sébastien DELPONT (RESSORTS)

Pierre-Antoine DUFFRENE (RESSORTS)

Julien SZABLA (NOBATEK)

Thomas GARNESSON (NOBATEK)

Maxime DE HAECK (NOBATEK)

Marc BERNARD (RABOT DUTILLEUL CONSTRUCTION)

---

## **COORDINATION**

Billy RAKOTOMALALA (CSTB)

---

## **RELECTURE**

Rémi BOUCHIE (CSTB)

Franck LEGUILLON (CSTB)

---



<b>1. OBJECTIF DE CE GUIDE .....</b>	<b>8</b>
<b>2. DOMAINE D'APPLICATION.....</b>	<b>8</b>
2.1. Maisons visées .....	8
2.2. Domaine d'emploi .....	9
2.3. Introduction à la déclinaison en gamme .....	10
<b>3. PRINCIPE GÉNÉRAL DE LA SOLUTION GLOBALE .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Principe général de la solution globale .....</b>	<b>11</b>
3.1.1. Principe du 80 % - 20 %.....	12
3.1.2. Composition des caissons.....	14
3.1.3. Dimensions et poids des caissons standards .....	16
3.1.4. Finition / Parement .....	16
3.1.5. Fixations .....	18
3.1.6. Protections solaires .....	18
3.1.7. Interface entre caissons .....	18
3.1.8. Avantages.....	19
3.1.9. Inconvénients .....	21
3.1.10. Description de principe de l'ensemble des lots .....	22
<b>4. DÉCLINAISON EN GAMME.....</b>	<b>24</b>
<b>5. ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1. Adaptation type 1 – Architecturale .....</b>	<b>26</b>
5.1.1. Déclinaison architecturale sous-type 1.1 - Nature du mur .....	26
5.1.2. Déclinaison sous-type 1.2 - Obstacles .....	27
5.1.3. Sous type 1.3 – Maison en limite parcellaire / Gestion de la mitoyenneté (Maison type B2.2) .....	28
5.1.4. Sous type 1.3 – Débord de toit.....	28
<b>5.2. Adaptation type 2 – Localisation .....</b>	<b>29</b>
5.2.1. Sous type 2.1 - Zone sismique .....	29
5.2.2. Sous type 2.2. - Prescription PLU/zone classée (patrimoine) .....	29
5.2.3. Sous-type 2.3 – Traces de condensation et/ou d'infiltrations d'eau .....	29
<b>5.3. Adaptation type 3 – Diagnostic .....</b>	<b>29</b>
5.3.1. Sous-type 3.1 – Remontée capillaire.....	29
5.3.2. Sous-type 3.2 – Parois déjà isolées .....	29

5.3.3.	Sous-type 3.3 – Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées.....	30
5.3.4.	Sous-type 3.4 – Risque de perte d'usage.....	30
<b>6.</b>	<b>DESCRIPTION DETAILLÉE DES LOTS PRIORITAIRES MURS ET LOT MENUISERIES .....</b>	<b>30</b>
<b>6.1.</b>	<b>Solution de référence.....</b>	<b>30</b>
<b>6.2.</b>	<b>Adaptations type 1 – Architecturales.....</b>	<b>41</b>
6.2.1.	Déclinaison sous-type 1.1 - Nature du mur.....	41
6.2.2.	Déclinaison sous-type 1.2 - Obstacles .....	42
6.2.3.	Sous type 1.3 – Maison en limite parcellaire / Gestion de la mitoyenneté (Maison type B2.2) .....	46
6.2.4.	Sous type 1.3 – Débord de toit.....	47
<b>6.3.</b>	<b>Adaptation type 3 - Diagnostic.....</b>	<b>48</b>
6.3.1.	Sous-type diagnostic 3.1 – Remontée capillaire .....	48
6.3.2.	Sous-type diagnostic 3.2 – Parois déjà isolées.....	48
6.3.3.	Sous-type diagnostic 3.3 – Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées.....	49
6.3.4.	Sous-type diagnostic 3.4 – Risque de perte d'usage.....	52
<b>7.</b>	<b>RÈGLES DE CONCEPTION DES LOTS MURS ET LOT MENUISERIES ET INTERFACES.....</b>	<b>52</b>
<b>7.1.</b>	<b>Adaptations de type 2 - Localisation .....</b>	<b>52</b>
7.1.1.	Sous type 2.1 - Zone sismique .....	52
7.1.2.	Sous type 2.2. - Prescription PLU/zone classée (patrimoine) .....	53
7.1.3.	Sous-type 2.3 – Risques hygro .....	53
<b>7.2.</b>	<b>Adaptations de type 3 - Diagnostic.....</b>	<b>54</b>
7.2.1.	Remontée capillaire.....	54
7.2.2.	Sous-type 3.2 – Parois déjà isolées .....	54
7.2.3.	Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées par l'intérieur .....	55
7.2.4.	Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées par l'extérieur .....	56
7.2.5.	Sous-type 3.3 – Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées.....	56
7.2.6.	Risque de perte d'usage (rétrécissement de l'escalier, du balcon, perte de surface...).....	57
<b>8.</b>	<b>CONDITIONS DE FABRICATION.....</b>	<b>58</b>
<b>9.</b>	<b>MISE EN ŒUVRE .....</b>	<b>61</b>
<b>9.1.</b>	<b>Phasage.....</b>	<b>61</b>
<b>9.2.</b>	<b>Première étape Lot MENUISERIES.....</b>	<b>62</b>

9.2.1.	Conditions minimales lot menuiseries .....	62
9.2.2.	Logistique et équipements.....	64
9.2.3.	Les étapes principales de mise en œuvre.....	68
9.2.4.	Points d'attentions.....	72
9.2.5.	Points singuliers .....	73
9.2.6.	Réception de l'ouvrage fini.....	73
9.2.7.	Entretien et usage .....	74
<b>9.3.</b>	<b>Deuxième étape ITE MUR .....</b>	<b>74</b>
9.3.1.	Conditions minimales.....	74
9.3.2.	Conditions complémentaires .....	75
9.3.3.	Acceptation du lot menuiserie .....	75
9.3.4.	Acceptation du gros œuvre .....	76
9.3.5.	Tolérances admissibles (récapitulatif) .....	76
9.3.6.	Acceptation du lot ITE - MUR.....	76
9.3.7.	Logistique et équipements.....	77
9.3.8.	Stockage et transport des caissons .....	77
9.3.9.	Les étapes principales de mise en œuvre des caissons Elément'R.....	79
9.3.10.	Points d'attentions.....	82
9.3.11.	Points singuliers - Solution de référence.....	83
9.3.12.	Réception de l'ouvrage fini.....	85
9.3.13.	Entretien et usage .....	85
<b>10.</b>	<b>COMPÉTENCES REQUISES .....</b>	<b>86</b>
<b>ANNEXE 1 :</b>	<b>TYPE B2.1 – MAISON AUTONOME / COURANT-LEMAITRE 1946-1968 .....</b>	<b>89</b>
<b>ANNEXE 2 :</b>	<b>TYPE B2.2 – MAISON EN BANDE 1946-1968 .....</b>	<b>93</b>
10.1.1.	Type B2.1 – Maison autonome.....	95
10.1.2.	Type B2.2 – Maison en bande.....	96
10.1.3.	Un modèle de maison adapté à la mise en œuvre de la solution Elément'R .....	96

# INTRODUCTION

Les projets RENOSTANDARD puis RESTORE ont été engagés pour favoriser la massification de la rénovation des maisons individuelles diffuses. Ce parc de maisons (16,5 millions de maisons en résidence principale) est un vivier très important dans un objectif de réduction du besoin énergétique et de l'impact environnemental du secteur du bâtiment, sachant que plus de 40 % des maisons ayant un DPE sont notées E, F ou G<sup>1</sup>.

RESTORE s'appuie sur l'analyse architecturale du parc de maisons en France qui permet de faire ressortir des typologies de maisons aux caractéristiques constructives proches. Ces similarités permettent de concevoir des solutions de rénovation globale et performante adaptées à une même typologie de maisons qui pourront ensuite être ajustées en fonction du cas particulier de chaque maison (besoin du ménage, particularité du bâti, ...). On parle alors d'une gamme de solutions.

La massification de la rénovation passe alors par le développement d'une offre de solutions innovantes dont la faisabilité technique, sur ces typologies, a déjà été validée par des réalisations ou des travaux de conception bien avancés.

Pour concevoir des solutions innovantes, plusieurs appels à manifestation d'intérêt (AMI) ont été lancés à destination de groupements d'entreprises puis une combinaison d'offres adaptées à des modèles de maisons très courants a été sélectionnée. Les critères de choix des solutions ont été, entre autres, le potentiel des solutions pour répondre à la massification, la complétude des groupements portant la solution, le potentiel de la solution à accéder rapidement au marché et bien sûr la performance de la solution (thermique, environnementale, confort et économique).

Les groupements sélectionnés bénéficient dans le cadre du projet d'un accompagnement dans la conception de leur solution. Cet accompagnement consiste essentiellement en la coordination et la mobilisation de différents experts du CSTB issus de différents domaines scientifiques ou techniques pour appuyer les équipes sur la consolidation technique, la validation du niveau de performance attendu et la répliquabilité des solutions développées.

---

<sup>1</sup> [Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2022, SDES, 2022.](#)

Par ailleurs, quelques études spécifiques ont été conduites sur des problématiques bien ciblées afin d'aider certains groupements à opérer des choix dans la conception de leur solution et à définir des règles de dimensionnement.

Le présent document rassemble un ensemble d'éléments techniques jugés pertinents à prendre en compte dans la conception de la solution proposée par les équipes de conception et ses déclinaisons. Il est le fruit d'un travail collaboratif mené dans le cadre du projet RESTORE entre les équipes de conception et le CSTB. Sans avoir le statut d'un guide de recommandation professionnelle, le présent document en reprend la philosophie et les éléments de langage.



## 1. OBJECTIF DE CE GUIDE

L'objectif de ce guide est de fournir un ensemble d'informations techniques pour la conception et le dimensionnement d'une solution innovante de rénovation destinée à être mise en œuvre en maisons individuelles. Il fournit en particulier des éléments de description détaillés concernant les Lots Murs et Menuiseries ainsi que leurs interfaces. Il fournit également des éléments plus généraux pour la conception d'une rénovation globale en une étape/par étapes adaptée à certains types de maisons courantes en vue de faciliter son déploiement territorial.

La solution étudiée dans le présent guide cible des types de maisons individuelles très courantes telles que décrites ci-après :

- les maisons type B2.1 : maison Courant-Lemaître autonome (1 400 000 u) ;
- les maisons type B2.2 : maison Courant-Lemaître jumelée (900 000 u).

Les informations techniques contenues dans ce guide ont pour but de fournir une base technique la plus fiable possible en vue de faciliter l'appropriation et la diffusion de la solution vers l'ensemble des acteurs de la construction.

Le présent guide contient en particulier les éléments d'information suivants :

- le domaine d'emploi de la solution ;
- le principe général de la solution ;
- la déclinaison en gammes ;
- les éléments de diagnostic ;
- la description détaillée de la solution ;
- les règles de dimensionnement.

**Bien que prenant la forme d'un guide technique, le présent guide n'a pas le statut d'une recommandation professionnelle.**

## 2. DOMAINE D'APPLICATION

### 2.1. Maisons visées

Les solutions détaillées dans le présent guide visent les maisons individuelles référencées [B2.1](#) et [B2.2](#) « Courant Lemaître » selon la nomenclature du projet RESTORE (typologies constructives prioritaires RESTORE) et dont un exemple représentatif est décrit en annexe du présent guide.





## 2.2. Domaine d'emploi

Elles s'appliquent en France métropolitaine avec les restrictions listées ci-dessous :

- Situés en zone 1 à 3 au sens de la NF EN 1991-P1-4 relative à l'exposition au vent.
- Logements individuels de 1<sup>re</sup> famille au sens de la réglementation incendie.
- Situés en zone de plaine selon altitude < 900 m.
- Hors zone humide selon la carte représentant les zones climatiques fournie par le FD P 20-651.
- Le domaine d'emploi revendiqué concerne les logements individuels de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> famille au sens de la réglementation incendie (arrêté du 31/01/1986 et sa version en vigueur du 18 août 2022).
- Les contraintes de sismicité sont sans objet pour les bâtiments de catégorie d'importance I et II en zone de sismicité 1 et 2.

Pour les logements individuels de catégorie d'importance II en zone de sismicité 3, un calcul spécifique sera réalisé et seuls les composants validés dans les conditions de ce calcul sismique, conformément à leur Avis Technique, pourront être utilisés. Il faudra que ces bâtiments soient classés en catégorie d'importance II selon l'Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

La solution Elément'R est conçue pour l'isolation thermique par l'extérieur de façades porteuses de maisons individuelles, dans des environnements extérieurs. Son déploiement, du fait de l'implantation du consortium, est prévu en priorité à court et moyen terme dans la zone géographique et climatique du quart Nord-Est de la France, avec une ambition d'extension progressive à l'ensemble du territoire national à plus long terme.

### 2.3. Introduction à la déclinaison en gamme

Les adaptations de la solution se déclinent en trois natures :

- Les adaptations architecturales concernent les points d'attention à avoir pour que la solution s'adapte harmonieusement au bâtiment et à son contexte, mais surtout les points singuliers qui nécessitent des adaptations, notamment pour éviter tout pont thermique.
- Les adaptations relatives à la localisation géographique jouent un rôle crucial dans le choix des matériaux, leurs contraintes de mise en œuvre et de dimensionnement, les performances associées, leur exposition aux intempéries et au vent.
- Les adaptations liées à l'état initial suite au diagnostic.

Elles se déclinent en gammes visant les situations courantes listées dans le tableau ci-après :

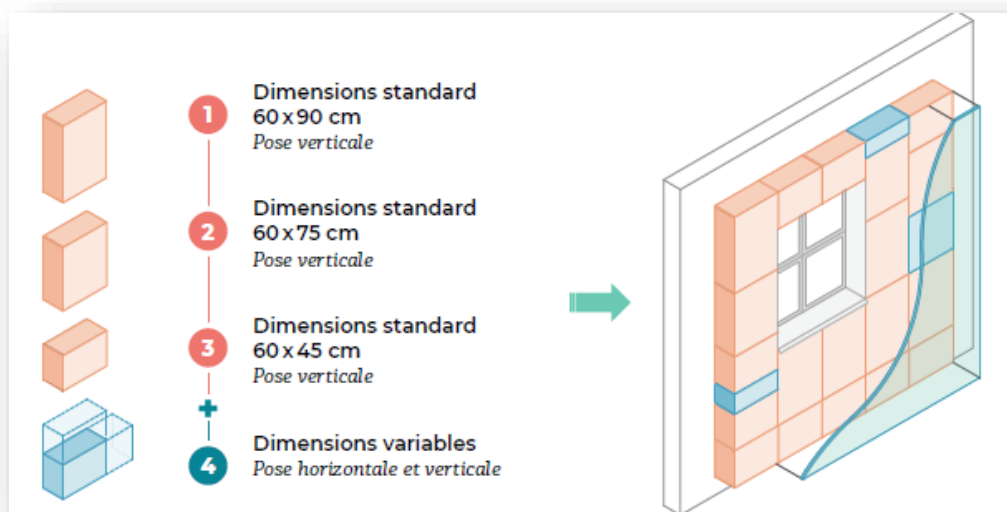
Maisons	Solution de référence	Adaptations (numéro dans la gamme)	§ dans le présent guide
B2.1 et B2.2 « Courant-Lemaître »	Mur en parpaing	Murs en béton	§ 6.1.1
		Murs en brique pleine	§ 6.1.1
	Obstacles	Intégration des conduits	§ 6.1.2
		Câbles électriques	§ 6.1.2
		Gestion boîtier concessionnaires intégrés ou en saillies,	§ 6.1.2
		Gestion des sorties réseaux en façades (luminaires, ventouse de chaudière, points d'eau...)	§ 6.1.2
		Véranda, auvent, stores	§ 6.1.2

	Limite parcellaire	Gestion d'un potentiel surplomb sur la parcelle voisine	§ 6.1.3
		Gestion de la mitoyenneté	§ 6.1.3
	Toiture	Débord de toit peu important	§ 6.1.4
		Acrotère	§ 6.1.4
	Remontée capillaire		§ 6.2.1
	Parois intérieures déjà isolées		§ 6.2.2
	Conservations des menuiseries et volets battants existants		§ 6.2.3
	Rétrécissement de l'unité de passage de l'escalier et du balcon		§ 6.2.4

Remarque : De la même manière que pour la jonction avec la toiture, l'interface entre le mur bas et le complexe Élément'R sont hors du périmètre étudié. Seul le mode de fixation du complexe de caisson a été développé.

### 3. PRINCIPE GÉNÉRAL DE LA SOLUTION GLOBALE

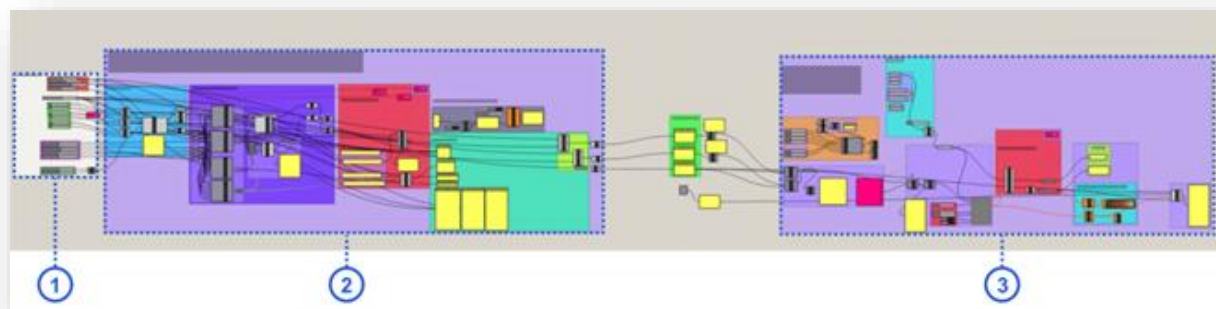
#### 3.1. Principe général de la solution globale



**Figure 1** – Schéma axonométrie du complexe Élément'R

Afin de répondre aux enjeux architecturaux majeurs et aux problématiques de déperditions thermiques, un système de « caissons sur catalogue » est en cours de développement. Ce dispositif modulaire permet, par combinaison, une isolation

rapide des façades. L'index des produits est conçu pour évoluer dans le temps — en intégrant les innovations en matière de matériaux et les contraintes de mise en œuvre — ainsi que dans l'espace, en tenant compte des ressources locales disponibles. Les caissons sont constitués d'une structure bois, d'une isolation biosourcée, et d'un revêtement personnalisable selon les références de l'index.

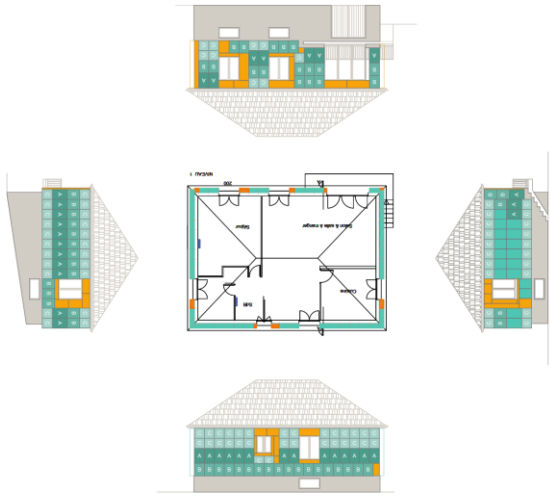
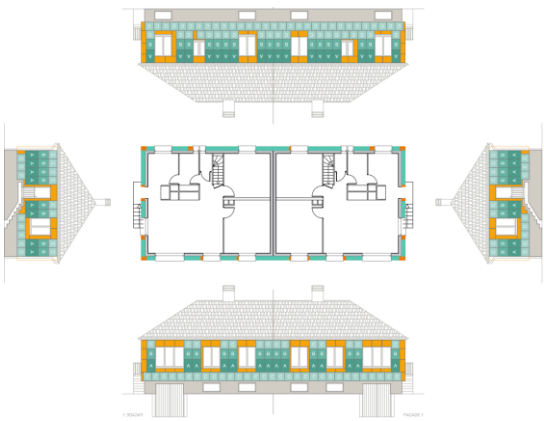


**Figure 2** – Extrait du script paramétrique Grasshopper (via Rhinos 7) - Recherche et optimisation de dimension de modules préfabriqués de façade

- 1) **Données d'entrée** : mise en place des paramètres et variables de base.
- 2) **Détermination des dimensions de modules** : mise en place du poids maximum des différents modules, des surfaces maximales atteignables suivant les différents modules, calcul d'optimisation des dimensions de modules suivant le poids maximum et praticité d'envergure.
- 3) **Calcul de vérification du remplissage de façade** : mise en place des paramètres de modules de base suivant la deuxième partie, des surfaces et façades à tester, d'un moteur de calepinage et d'optimisation de calepinage.

### 3.1.1. Principe du 80 % - 20 %

Le dimensionnement des modules en conception paramétrique a permis de fixer les dimensions des caissons grâce aux données d'entrées suivantes : dimensions des matériaux isolants, panneaux de contreventement, matériaux de bardage permettant d'avoir des éléments manuyportables avec la volonté de couvrir 80 % d'une façade par des éléments standards (cas d'étude donné au logiciel) ; les 20 % restants étant des modules constitués sur mesure qui s'adaptent à la trame ou à une spécificité du bâti (auvent, descente d'eau pluviale, etc.).

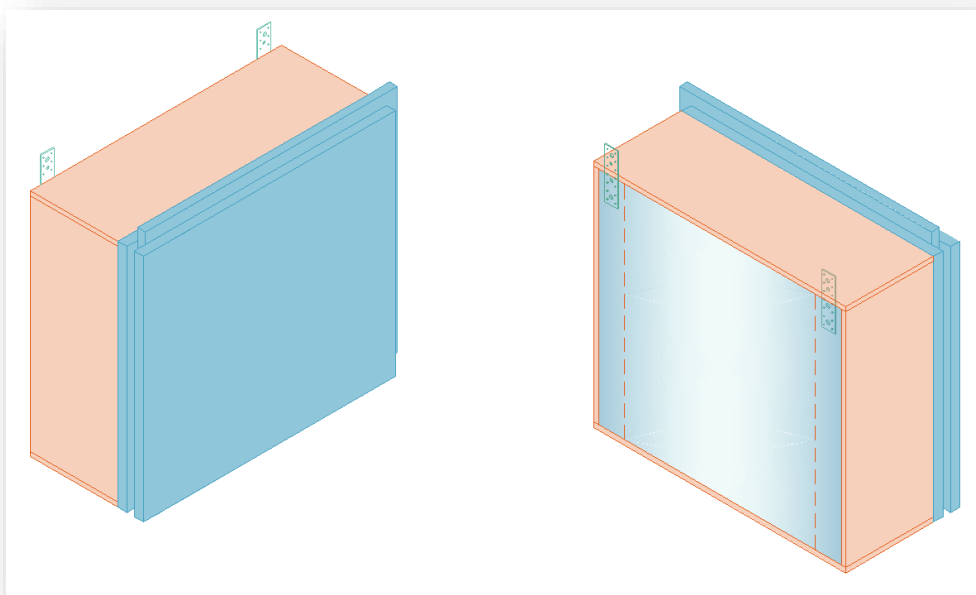
<p>Application sur typologie B2.1</p> <p>Nombre de caissons : <b>170</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caisson A (60*90*26) : 35</li> <li>- Caisson B (60*75*26) : 54</li> <li>- Caisson C (60*60*26) : 81</li> </ul> <p>Part de caissons sur mesure : <b>14 %</b></p>	<p>Application sur typologie B2.2</p> <p>Nombre de caissons : <b>225</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caisson A (60*90*26) : 48</li> <li>- Caisson B (60*75*26) : 48</li> <li>- Caisson C (60*60*26) : 129</li> </ul> <p>Part de caissons sur mesure : <b>20 %</b></p>
	

## Tolérance :

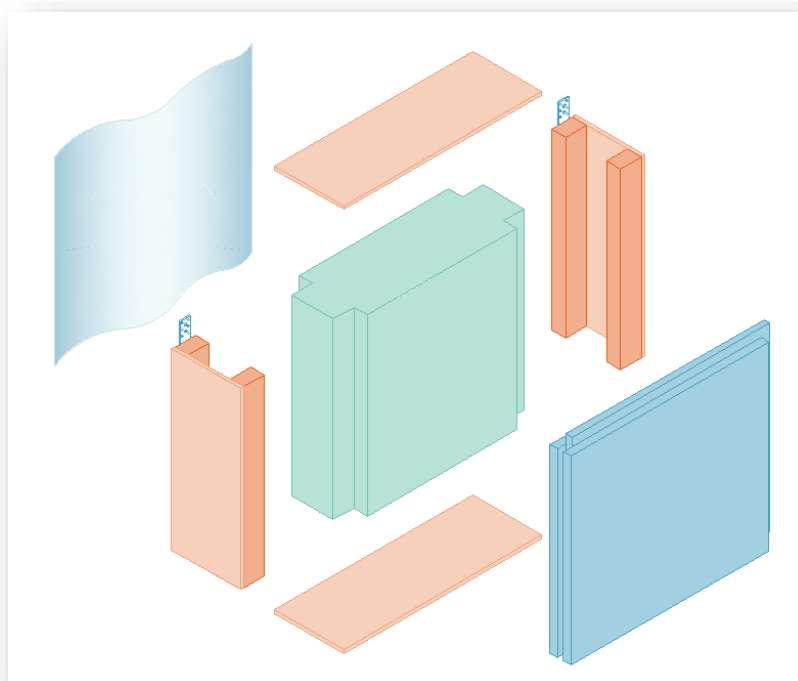
Certains espaces résiduels ne présentent pas toujours des dimensions compatibles avec la réalisation de caissons aux proportions « acceptables » — c'est-à-dire dont le rapport hauteur/largeur justifierait la mise en œuvre d'une structure spécifique. Fréquemment situés à proximité des ouvertures, ces espaces seront traités par l'habillage des menuiseries. Dans l'idéal, l'isolant complémentaire utilisé pour ces zones sera également biosourcé.

Il convient de définir des dimensions minimales de hauteur et de largeur pour la mise en œuvre des caissons sur mesure. En deçà de ces seuils, un complément isolant de type « classique » sera mis en œuvre, par exemple à l'aide d'une équerre déportée pour la fixation du bardage.

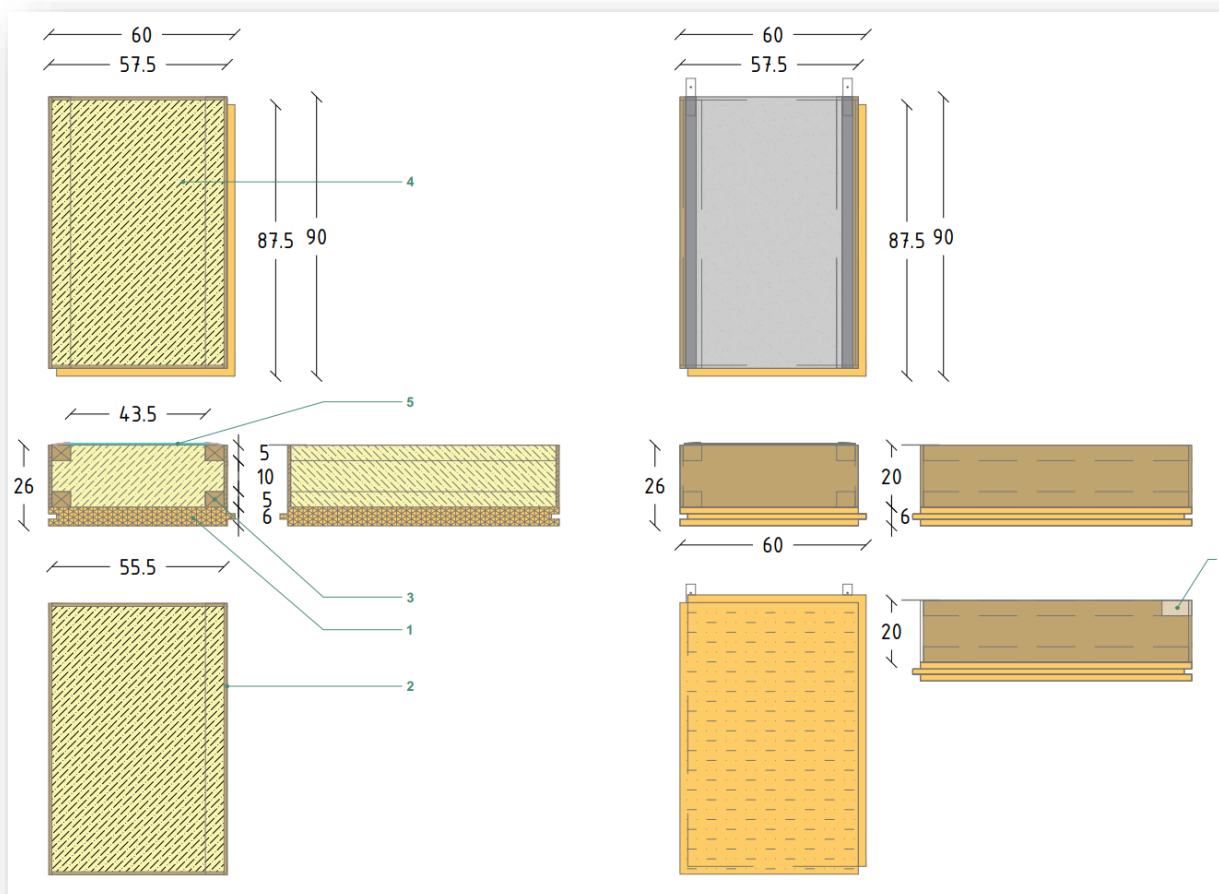
### 3.1.2. Composition des caissons



**Figure 3** – Axonométrie du caisson type



**Figure 4** – Axonométrie éclatée du caisson type



**Figure 5** – Élévation et coupe de la géométrie du caisson type

1. En face extérieure un panneau rigide en fibre de bois compressée type - masse volumique inférieure ou égale à 270 kg/m<sup>3</sup> et pouvant assurer la fonction pare-pluie.
2. Caisson 4 côtés en OSB (type 4) de 9 mm : 650 kg/m<sup>3</sup>.
3. Quatre montants verticaux bois massif (pin) de 60\*40 mm : 450 kg/m<sup>3</sup>.
4. Remplissage en isolant biosourcé de fibre de chanvre, lin et coton de 200 mm, ou issu d'une filière de réemploi : 30 kg/m<sup>3</sup>.
5. En guise de fond de caisson sur la façade intérieure (adossé au mur existant) un fond textile type pare-vapeur en lin.
6. Patte de fixation 3 mm en partie haute des caissons.
7. Désaffleurement de l'OSB pour l'insertion d'un raidisseur en équerre.

N.B. Les propriétés physique des matériaux sont données dans le pack technique disponible sur [Pro'Réno](#).

Il est possible d'envisager des adaptations de la composition en fonction de la localité du projet, l'analyse du risque hygrothermique devra le cas échéant, être adaptée en fonction des modifications apportées :

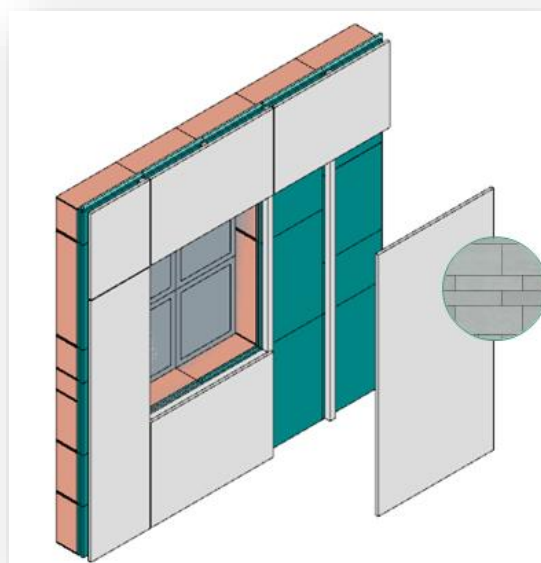
- Remplacement éventuel de l'isolant selon les régions, en veillant à respecter la densité maximale afin de maintenir le caractère manuable des caissons. À titre d'exemple, un isolant à base de fibres textiles produit dans le Pas-de-Calais pourrait être envisagé, en raison de sa production locale et de sa politique RSE significative.
- Remplacement du type de bois utilisé dans la fabrication des caissons. Les caissons sont constitués de panneaux OSB et montants en bois massif. On peut imaginer une variante de composition des caissons en fonction du fournisseur de matière avec qui travaille l'entreprise. Exemple : hardboard et lamibois.

### 3.1.3. Dimensions et poids des caissons standards

- Caisson A : **60\*90\*26** soit **19 kg**
- Caisson B : **60\*75\*26** soit **15,9 kg**
- Caisson C : **60\*60\*26** soit **12,5 kg**.

### 3.1.4. Finition / Parement

#### **Panneau fibrociment :**

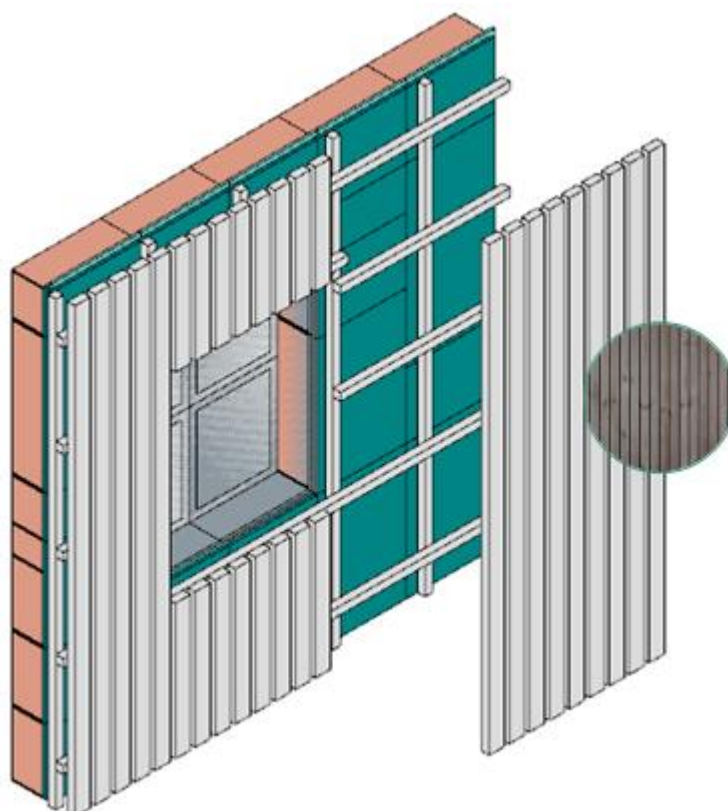


**Figure 6** – Axonométrie schématique de la mise en œuvre d'un bardage panneau



- Pose de tasseaux 40 × 40 dans l'entraxe de nos montants verticaux, et fixation du revêtement au travers de ceux-ci (environ 10 à 15 kg/m<sup>2</sup>).
- D'après les documents techniques et les guides de pose panneau fibrociment pour un panneau en pose verticale avec fixation mécanique apparente (vis ou rivets), en façade courante l'entraxe maximum entre tasseaux de 614 mm.
- Pose des panneaux conformément à l'avis technique de pose.

### **Bardage bois :**



**Figure 7** – Axonométrie schématique de la mise en œuvre d'un bardage panneau

- Pose de tasseaux 40 × 40 dans l'entraxe de nos montants verticaux.
- Pose des lames de bardages conformément aux textes en vigueur, par exemple DTU 41.2 pour le bardage bois ou Avis Technique correspondants pour les autres types de bardages.

S'agissant de la fixation des éléments de finition de façade (parement en fibrociment ou bardage bois), celle-ci est assurée par des tasseaux de section 40 × 40 mm, comme décrit précédemment. Ces tasseaux étant fixés dans les montants

structuraux des caissons, eux-mêmes ancrés mécaniquement dans la maçonnerie, il est considéré qu'un chevillage direct dans le gros-œuvre n'est pas nécessaire. Cette hypothèse demeure toutefois à confirmer à l'aide d'essais spécifiques selon le protocole décrit dans le cahier CSTB 1661 v2.

La solution enduit n'a pas été retenue dans cette version « petits caissons » pour le risque de fissuration multiplié.

La solution de vêtiture brique n'a pas été retenue également pour son poids trop important (environ 35 kg/m<sup>2</sup>).

### 3.1.5. Fixations

Vis en acier galvanisé, de diamètre 7 mm et 10.5 pour la tête de vis, 165 mm de longueur (comprend la traversée des 40 mm du tasseau, des 60 mm du panneau fibre de bois ainsi qu'une partie du montant).

### 3.1.6. Protections solaires

Les types de maisons Courant-Lemaître autonome B2.1 et mitoyenne B2.2 présentent des volets battants. Plusieurs options sont étudiées : le remplacement par des volets roulants et/ou le réemploi des volets existants.

### 3.1.7. Interface entre caissons

- Les caissons sont posés bord à bord : le panneau de fibre de bois compressé rainuré languette assurant le pare pluie et la façade étant considérée comme étanche à l'air après reprise des fissures par cimentage, il n'est pas prévu de Compriband entre les caissons.
- Pour gérer la surépaisseur induite par les raidisseurs de l'équerre basse, la première rangée de caisson présente un désaffleurement des parties latérales du cadre de l'OSB.
- Le fond de caisson étant constitué d'une membrane souple, l'isolant va épouser la façade existante : pas besoin de bande de calfeutrement.

### **Interface entre caissons et la menuiserie :**

La menuiserie posée en tunnel, au nu extérieur du mur existant, avec une solution d'ITE par caissons rapportés appliqués depuis l'extérieur. Cette approche permet de

traiter l'isolation de manière continue et de limiter les ponts thermiques autour de la menuiserie.

Le développement de cette solution standardisée est particulièrement stratégique pour toutes les composantes du groupement. Il provient des retours d'expériences sur les opérations de rénovation en site libre ou occupé, en utilisant des solutions traditionnelles ou totalement standardisées.

Dans le contexte de RESTORE, orienté sur la rénovation de maisons individuelles, les travaux se sont concentrés dans le développement d'une gamme de « petits modules manuportables », le parement est donc posé sur site. Dans une gamme « grands modules » levés par un engin, le parement pourrait être réalisé hors site.

### 3.1.8. Avantages

La solution proposée présente une grande rapidité d'exécution par rapport à la méthode traditionnelle :

**En conception** : L'avantage de la solution proposée réside tout d'abord dans le fait qu'il s'agit d'une solution standardisée, en ce sens qu'elle a été développée pour couvrir tous les cas inclus dans le domaine d'application. Les études préalables à la réalisation d'un chantier sont donc réduites. De plus, ces études sont d'autant plus rapides qu'elles reposent en grande partie sur l'utilisation d'une solution logicielle qui propose un calepinage, lequel pourra même – à terme – être implémenté sur les machines de production des panneaux (intéressant pour les 20 % non standards).

Le configurateur génère de fait trois propositions de calepinage en quantifiant le nombre de modules standardisés nécessaires ; il identifie les caissons à fabriquer sur mesure et liste le matériel nécessaire à la réalisation des 20 % de caissons sur mesure. Trois propositions sont générées pour laisser à l'architecte une certaine flexibilité dans la composition du bardage.

La combinaison retenue peut directement être préparée puisque les propositions du configurateur sont déjà chiffrées. Le logiciel génère la liste des caissons nécessaires à l'ouvrage (Exemple : 100 caissons A, 75 caissons B et 25 caissons C) et du matériel nécessaire pour réaliser les 20 % restants (exemple 50 m<sup>2</sup> de tasseaux, 20 m<sup>2</sup> d'OSB, 50 m<sup>2</sup> d'isolant).

**En chantier :** Une fois l'opération lancée, le gain de temps est dû à plusieurs facteurs. La livraison sur site d'une majorité d'éléments finis, prêts à poser (pour les 80 % de caissons standards), ainsi que l'exacte quantité nécessaire à la fabrication des caissons non-standards représente un gain logistique considérable. Cela permet d'avoir un chantier propre et bien organisé. Puis, une fois que l'installation des caissons démarre, le plan de calepinage établi en amont et la facilité de pose conduisent à beaucoup d'efficacité opérationnelle.

**Rythme de pose :** La mise en œuvre de la solution Elément'R sur une maison individuelle peut se concevoir selon le planning suivant (le travail étant réalisé à la gazelle) :

- 1) Le cas échéant, dévoiement/déplacement des réseaux réalisés en amont de l'intervention selon un timing dépendant du concessionnaire concerné ;
- 2) Préparation de la façade (purge des éléments endommagés, traitement des défauts d'étanchéité à l'air, au besoin sciage des appuis de fenêtres) : **1 jour** ;
- 3) Traçage au laser et installation des lisses supports : **1/2 jour** ;
- 4) Mise en œuvre des caissons Elément'R : rythme de pose estimé à 6 caissons par heure par équipe de 2 personnes, le traitement d'une maison représentant l'installation de 200 à 325 panneaux selon la typologie : **3 à 4 jours** en utilisant 2 équipes de 2 personnes ;
- 5) Mise en œuvre du bardage de finition : **2 à 3 jours** selon la typologie de bardage et son degré de préfabrication ;

➔ Soit un total de **7 à 9 jours**.

La notion de caissons préfabriqués (assemblés en atelier puis simplement posés sur le chantier) permet un réel gain qualitatif par rapport à un assemblage sur site. En effet :

- Le stockage de la matière première en usine (plutôt que sur le chantier) permet une meilleure conservation des éléments avant transformation.
- Les éléments préfabriqués hors site permettent une grande précision dans les découpes, limitant les défauts et les ponts thermiques ; ils intègrent notamment dès leur conception des dispositifs de reprise des tolérances

intégrés à l'élément (qui limite voire annihile la nécessaire adaptation sur site).

- L'attention apportée aux éléments en amont, pendant et après leur colisage.
- Des procédures de doubles contrôles plus élaborées, en usine et sur site.

Cette attention à la qualité du choix des matériaux ainsi qu'au choix des assemblages permet une plus grande pérennité de la façade dans le temps et, in fine, garantit une meilleure performance thermique de l'ensemble.

Par ailleurs, la solution permet d'intégrer potentiellement des matériaux biosourcés ou issus du réemploi. La géométrie des caissons découle des dimensions des matériaux utilisés. La largeur fixe de 60 cm correspond aux dimensions standards des panneaux d'isolant ou de fermeture disponibles dans le commerce. L'utilisation du produit tel quel, sans nécessité de redécoupe, permet ainsi un gain de temps à la fabrication.

### 3.1.9. Inconvénients

Une des particularités du produit est son caractère systémique (au sens où il constitue un système complet et autonome). L'enjeu majeur du lancement d'un tel produit est son adoption par les prescripteurs, les maîtres d'œuvre, dans un premier temps puis par les maîtres d'ouvrage, financeurs des projets. Cette solution complète nécessite le développement d'une (ou de plusieurs) chaîne(s) de production, donc un investissement initial qui ne pourra être rentable que si la demande est présente et permet un flux d'approvisionnement qui tendra à minimiser les coûts.

Par ailleurs, le contexte réglementaire actuel est contraignant, peu adapté et réceptif aux solutions hors site (les DTU traditionnels ne couvrant généralement pas les éléments préfabriqués).

Les coûts d'investissements initiaux sont élevés à ce jour, par défaut d'une demande plus massive. Le [guide répliquabilité](#) présente des hypothèses de projection économique : un business plan pluriannuel intégrant l'optimisation progressive des processus et la régulation de la demande, afin d'évaluer l'impact sur les coûts dans le temps, et par conséquent sur le prix de la solution.

### 3.1.10. Description de principe de l'ensemble des lots

La solution globale présentée dans le présent guide vise la rénovation globale de maisons de type B2.1 et B2.2 telle que décrite dans le § 2.3. Les gestes proposés dans ce chapitre sont donnés à titre indicatif dans un objectif d'atteindre une performance globale et de réalisation des analyses performanciels (Cf. livrable L3). Ils n'ont cependant pas fait l'objet d'une analyse technique approfondie dans le cadre du programme RESTORE.

L'objectif thermique est bien d'atteindre l'étiquette B du DPE. L'obtention de celle-ci est conditionnée à la consommation d'énergie primaire du logement et des émissions de GES (consommation d'énergie primaire de 110 kWh/m<sup>2</sup>.an, émissions de GES de 11 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>.an.).

L'atteinte de ce niveau est donc liée aux facteurs suivants :

- l'isolation des autres parois, en particulier le plancher haut (25 à 30 % des déperditions) ;
- l'étanchéité à l'air ;
- la performance du nouveau système énergétique ;
- le rendement de la VMC ;
- la zone climatique ;
- la performance des menuiseries et leur orientation (apports solaires) ;
- le coefficient de conversion de l'énergie utilisée ;
- la prise en compte ou non de panneaux photovoltaïques.

Lots	Type de solution
Lot 1 Isolation des murs (prioritaire)	Procédé <b>Elément'R</b> : caissons isolés préfabriqués manportables + configurateur
Lot 2 Isolation des planchers bas	Isolation en sous-face de dalle avec un R de 4m <sup>2</sup> .K/W
Lot 3 Isolation des rampants de combles aménagés	Non concerné dans ce projet
Lot 4 Isolation des planchers hauts de combles perdus	Insufflation de ouate de cellulose pour un R de 10 m <sup>2</sup> .K/W (~40cm d'épaisseur)

Lot 5 Menuiseries + protections solaires	Remplacement des menuiseries existantes par des châssis doubles vitrages performants ( $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ), posés au nu extérieur du mur existant + volets roulants/battants.
Lot 6 Réseau de ventilation	Gaines VMC rigides/semi-rigides à surface lisse pour limiter les pertes de charge + étanchéité traversées (mastic PU, bande périphérique)
Lot 7 Réseau chauffage / refroidissement	Conservation radiateurs à eau existants + ajustements au cas par cas
Lot 8 Système chauffage / refroidissement	Module intégré avec PAC (intérieur ou extérieur)
Lot 9 Système ventilation	Ventilation double flux simple d'entretien
Lot 10 Réseau électrique	Focalisation sur l'étanchéité à l'air dues aux traversées
Lot 11 Réseau plomberie	

Lots techniques prioritaires traités dans le cadre du projet RESTORE et détaillés dans les sections suivantes.

Ainsi, une description plus détaillée de certains lots principaux, murs et menuiseries, est donnée au § 6. Des règles de dimensionnement ainsi qu'un ensemble de recommandations pour faciliter l'adaptation de la solution aux variantes architecturales et aux différentes contraintes liées à la localisation ou aux diagnostics, sont détaillés pour les lots principaux aux § 4, 5 et 7.

## 4. DÉCLINAISON EN GAMME

Combinaison prioritaire - LOT MUR et LOT MENUISERIE	
Contraintes prioritaires identifiées	Déclinaisons
Adaptation type 1 – Architecturale	
Sous type 1.1 – Nature du support	1.1.1 Mur en béton 1.1.2 Mur en briques pleines
Sous type 1.2 Obstacles	1.2.1 Intégration des conduits de ventilation ou tuyaux 1.2.2 Câbles électriques 1.2.3 Gestion boîtier concessionnaires intégrés ou en saillies 1.2.4 Gestion des sorties réseaux en façades (luminaires, ventouse de chaudière, points d'eau...) 1.2.6. Véranda, auvent, stores
Sous type 1.3 Maison en limite parcellaire / Gestion de la mitoyenneté (Maison type B2.2)	1.3.1 Gestion d'un potentiel surplomb sur la parcelle voisine ou emprise publique, 1.3.2 Cas d'une maison en partie rénovée,
Sous type 1.4 Débord de toit	1.4.1 Débord de toit peu important, 1.4.2 Débord de toit inexistant - acrotère
Adaptation type 2 – Localisation	
Sous-type 2.1 Zones sismiques	2.1.1 Risque élevé
Sous-type 2.2 Prescription PLU / Zone classée (patrimoine)	2.2.1 Prescription PLU 2.2.2 Zone classée (patrimoine)
Sous-type 2.3 Risques hygro	2.3.1 Risque élevé



Adaptation type 3 – Diagnostic	
Sous-type 3.1 Remontée capillaire	3.1.1 Remontée capillaires dans les murs
Sous-type 3.2 Parois déjà isolées	3.2.1 Parois intérieures déjà isolées 3.2.1 Parois extérieures déjà isolées
Sous-type 3.3 Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées	3.3.1 Conservations des menuiseries et volets battants existants 3.3.2 Conservations des menuiseries et ajout volets roulants
Sous-type 3.4 Risque de perte d'usage	3.4.1 Rétrécissement de l'unité de passage de l'escalier et du balcon

## 5. ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC

L'élaboration d'un exemple de liste synthétique à faire avant le démarrage du projet, afin d'étudier la compatibilité d'un bâti existant avec la solution ITE Elément'R, est nécessaire pour la prise en compte des spécificités techniques.

### Préambule :

Tout diagnostic commence par une étude documentaire préalable de l'ensemble des pièces disponibles sur le projet (plans d'origine, descriptifs, relevés de géomètre, diagnostics existants, plans VRD fournis par les concessionnaires, audits réalisés, etc.).

Une fois ce premier travail effectué, l'enquête de terrain débute toujours par l'établissement d'une fiche d'identité de l'occupant du bien. Ce premier contact – qui doit être soigné – est fondamental, car l'occupant est l'une des parties prenantes incontournables du projet de réhabilitation.

Si le diagnostic amiante n'a pas été réalisé par le propriétaire du bien, il sera diligenté sur tous les éléments susceptibles d'être impactés par les travaux (éléments extérieurs en façade, mais également enduits intérieurs ou joints pouvant être percés ou découpés lors du passage de gaines).

## 5.1. Adaptation type 1 – Architecturale

### 5.1.1. Déclinaison architecturale sous-type 1.1 - Nature du mur

L'analyse des systèmes porteurs est à mener : façade porteuse, remplissage en maçonnerie, façade ventilée non porteuse. L'objectif pour l'opérateur est de parvenir à une compréhension – même sommaire – du fonctionnement de la structure du bâtiment (notamment comment le poids propre des matériaux est descendu au sol)... La solution est prévue pour venir se fixer sur un mur en parpaing, néanmoins la nature du support peut varier :

- Si elle est identifiée en béton, se reporter à la **déclinaison 1.1.1** ;
- Si elle est en brique se reporter à la **déclinaison 1.1.2**.

La solution Elément'R s'applique dans le cas de cette étude uniquement sur des façades porteuses.

Une étude de site, ainsi qu'un diagnostic initial de la paroi support seront faits en amont de la réalisation. Les parois supports doivent être saines pour accueillir le système (pas de remontée d'eau par capillarité, pas de trous, etc.)

Les critères suivants seront à respecter :

- Humidité du support : vérifier le taux d'humidité du support qui doit être inférieur à 5 % en masse ;
- Fissure inférieure à 2 mm : traitement localisé à l'aide d'un produit adapté ;
- Fissure supérieure à 2 mm : une investigation sur la stabilité de l'ouvrage doit être réalisée ;
- Nettoyage du support : le support doit impérativement être propre et décontaminé (exempt de tous corps parasites) ;
- Vérification de l'absence de remontée capillaire sur les soubassements.

Les fabricants de chevilles réalisent des essais préalables de tenue mécanique afin de dimensionner et valider en conséquence les fixations de la cornière filante et des pattes équerres intermédiaires, conformément au cahier du CSTB 1661 V2. Les chevilles utilisées devront faire l'objet d'un ETE.

Cette analyse sera complétée par un relevé des principaux niveaux du projet (niveaux de l'étage bas, de l'étage haut et du terrain naturel sur les quatre côtés de

la maison). Cela permettra notamment d'anticiper les moyens d'accès en façade durant les travaux.

Enfin, la visite du site permettra d'évaluer les possibilités logistiques (accès, circulation, etc.), les surfaces nécessaires à la réalisation du chantier, ainsi que les besoins en stockage d'une partie des éléments sur site ou à proximité immédiate du pied d'œuvre.

Un diagnostic architectural permettra d'identifier les éléments spécifiques en façade pouvant justifier l'application d'une déclinaison de la solution Élément'R.

L'ensemble de ces observations sera complété par un reportage photographique. Tous ces éléments seront consignés dans un rapport unique, propre à chaque logement.

La visite de site devra également permettre de détecter d'éventuelles pathologies pouvant exclure ou nécessiter des travaux connexes : fissures en façade, coulures, analyse de l'historique des rénovations, etc.

Le diagnostic se conclura par un scan 3D de la façade, destiné à produire un nuage de points qui servira de base à l'établissement des plans d'exécution de l'ouvrage. Les parois supports dégradées (selon le référentiel du mur support visé) seront préalablement remises en état, conformément aux règles de l'art applicables à chaque désordre. L'objectif est d'obtenir une paroi saine et étanche à l'eau.

### 5.1.2. Déclinaison sous-type 1.2 - Obstacles

La version de référence de la solution Élément'R intègre l'existence d'un escalier extérieur, d'un balcon et de grilles d'air en façade.

Les éléments présents et les aménagements propriétaires en façades (auvent, véranda, volets en applique extérieure...) font l'objet d'un relevé précis afin d'estimer si un dépôt est nécessaire ou si une adaptation du calepinage des caissons, ou des caissons eux-mêmes est à envisager :

- Si la façade présente des conduits de ventilation ou des tuyaux, se référer à la **déclinaison 1.2.1** ;
- Si la façade présente des câbles électriques, se référer à la **déclinaison 1.2.2** ;
- Si la façade présente des boîtiers concessionnaires intégrés ou en saillies (électricité, eau, gaz, télécom), se référer à la **déclinaison 1.2.3** ;

- Si la façade présente des sorties réseaux en façades (luminaires, ventouse de chaudière, points d'eau, prise extérieure...) se référer à la **déclinaison 1.2.4**.

Tout comme la bonne compréhension du fonctionnement structurel du bâtiment, la visite doit également permettre de vérifier/compléter la connaissance de l'opérateur des passages des différents réseaux, tant aériens que enterrés. Chaque réseau doit être rattaché à un concessionnaire (identifié avec un nom / un numéro de contact) et un état (en fonction / désaffecté). À chaque fois que cela s'avère nécessaire, un sondage est effectué (notamment dans le cas de réseaux enterrés) afin de confirmer le positionnement exact et les caractéristiques des réseaux présents.

#### 5.1.3. Sous type 1.3 – Maison en limite parcellaire / Gestion de la mitoyenneté (Maison type B2.2)

Pour la solution de référence d'Elément'R, prévoir un relevé complet des deux habitations pour vérifier la bonne symétrie de la maison dans son ensemble (anticipation calepinage). Vérifier l'existence potentielle d'un joint de dilatation qui nécessiterait d'être calfeutré avant la pose du complexe :

- Dans le cas, où l'application de la solution Elément'R viendra créer un surplomb sur la parcelle voisine ou sur une emprise publique, se référer à la **déclinaison 1.3.1** ;
- Dans le cas, où un des deux propriétaires d'une maison mitoyenne ne souhaite pas rénover son logement, la maison sera à moitié isolée, se référer à la **déclinaison 1.3.2**, Elément'R.

#### 5.1.4. Sous type 1.3 – Débord de toit

Un relevé précis de l'interface entre la façade et la toiture est effectué. Au-delà de la précision géométrique du relevé, il est fondamental que l'opérateur ait une bonne compréhension de l'utilité et du fonctionnement de chaque élément présent. Est-ce susceptible d'impliquer une adaptation de la solution (débord de toit trop court) ? Si oui, faire le lien avec la déclinaison de la solution détaillée dans le guide...

En cas d'espace clos par un habillage (par exemple une sous-face de toiture), celui-ci est ponctuellement déposé afin d'avoir une vision complète du fonctionnement de l'interface. Vérifier que le débord de toit est suffisamment important et surplombe les caissons :

- Dans le cas d'un débord de toit peu important, se référer à la **déclinaison 1.4.1** ;
- Dans le cas d'acrotère, se référer à la **déclinaison 1.4.2**.

## 5.2.Adaptation type 2 – Localisation

### 5.2.1. Sous type 2.1 - Zone sismique

Relever les éventuelles fissures, marques d'usure sur les murs :

- En cas de désagréments visibles, se référer à la **déclinaison 2.1.1**.

### 5.2.2. Sous type 2.2. - Prescription PLU/zone classée (patrimoine)

Mesurer sur site l'existant d'un potentiel surplomb créer par l'application du complexe isolant en façades :

- En cas de surplomb important, se référer à la **déclinaison 2.2.1**.

Vérifier que la maison ne se trouve pas dans un secteur classé. Pour cela il est possible de consulter gratuitement l'Atlas du patrimoine (<http://atlas.patrimoines.culture.fr/>) ou le PLU de la commune en question :

- Si la maison se situe dans un secteur classé, se référer à la **déclinaison 2.2.1**.

### 5.2.3. Sous-type 2.3 – Traces de condensation et/ou d'infiltrations d'eau

Relever l'existence de trace de condensation, d'infiltration d'eau :

- Si sont constatés des dégâts causés par l'eau, se référer à la **déclinaison 2.3.1**.

## 5.3.Adaptation type 3 – Diagnostic

### 5.3.1. Sous-type 3.1 – Remontée capillaire

Relever des traces d'humidité ou la dégradation de certains matériaux (bois pourri) par un reportage photographique. Réaliser des tests à l'aide d'un hygromètre :

- Si des taches sombres ou les zones humides sur le bas des murs sont visibles, un dépôt blanchâtre ou la dégradation se référer à la **déclinaison 3.1.1**.

### 5.3.2. Sous-type 3.2 – Parois déjà isolées

L'opérateur relèvera notamment la nature, l'épaisseur et l'état de tout isolant existant (relevé de l'épaisseur de l'isolant par percement de la paroi) :

- Si les parois intérieures s'avèrent déjà isolées, se référer à la **déclinaison 3.2.1** ;
- Si les parois extérieures s'avèrent déjà isolées, se référer à la **déclinaison 3.2.2**.

### 5.3.3. Sous-type 3.3 – Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées

Relever précis des huisseries, des portes et des fenêtres, sous forme de nomenclature :

- Si les menuiseries et volets battants ont déjà été remplacés, se référer à la **déclinaison 3.3.1** ;
- Si les menuiseries et volets roulants ont déjà été remplacés, se référer à la **déclinaison 3.3.2**.

### 5.3.4. Sous-type 3.4 – Risque de perte d'usage

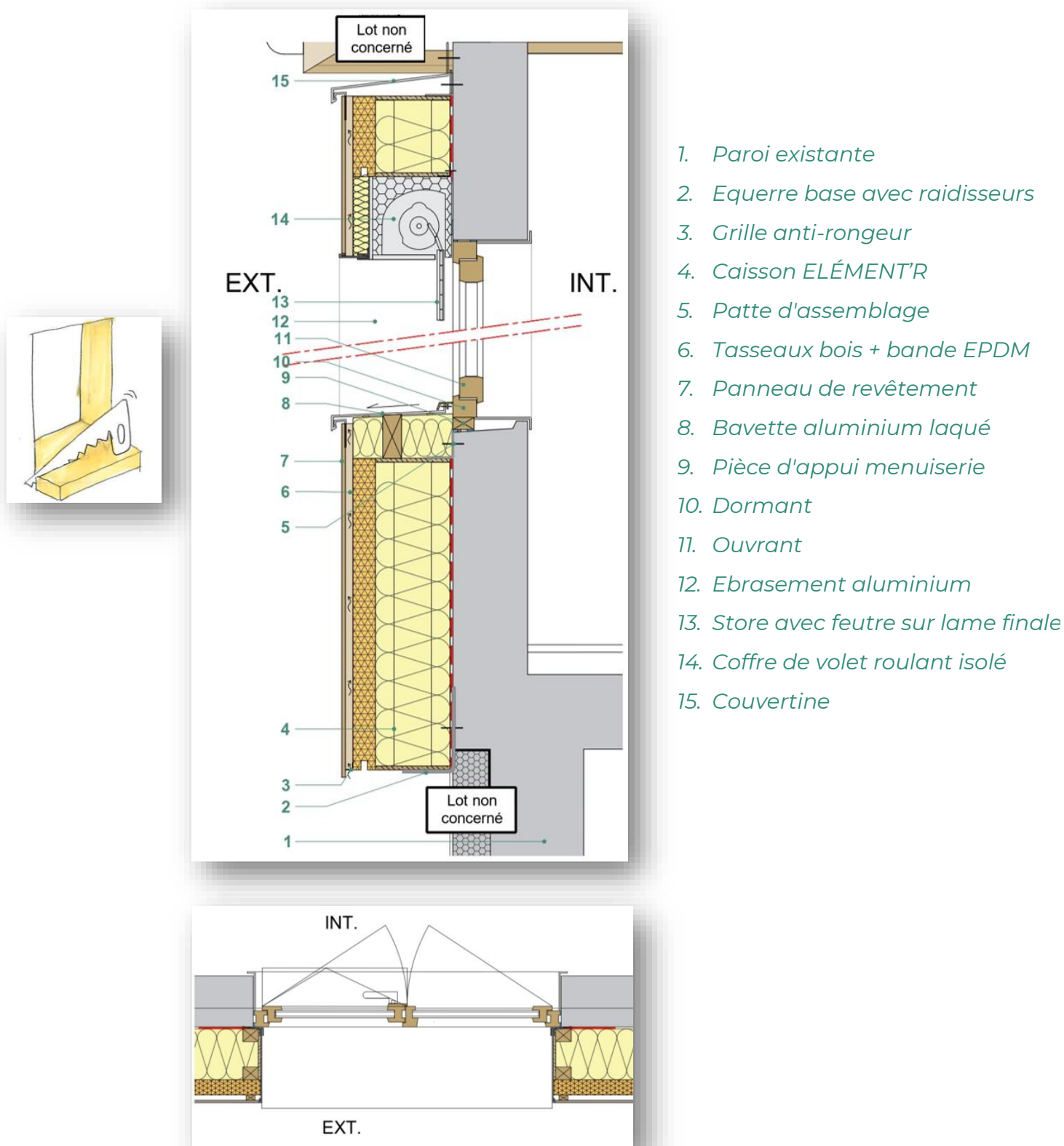
Pour anticiper un rétrécissement d'escalier ou de balcon lié à l'application du complexe, les éléments concernés feront l'objet d'un relevé précis et le calcul de l'unité de passage disponible après application du complexe :

- Si la largeur de passage des escaliers ou du balcon n'est pas réglementaire, se référer à la **déclinaison 3.4.1**.

## 6. DESCRIPTION DETAILLÉE DES LOTS PRIORITAIRES MURS ET LOT MENUISERIES

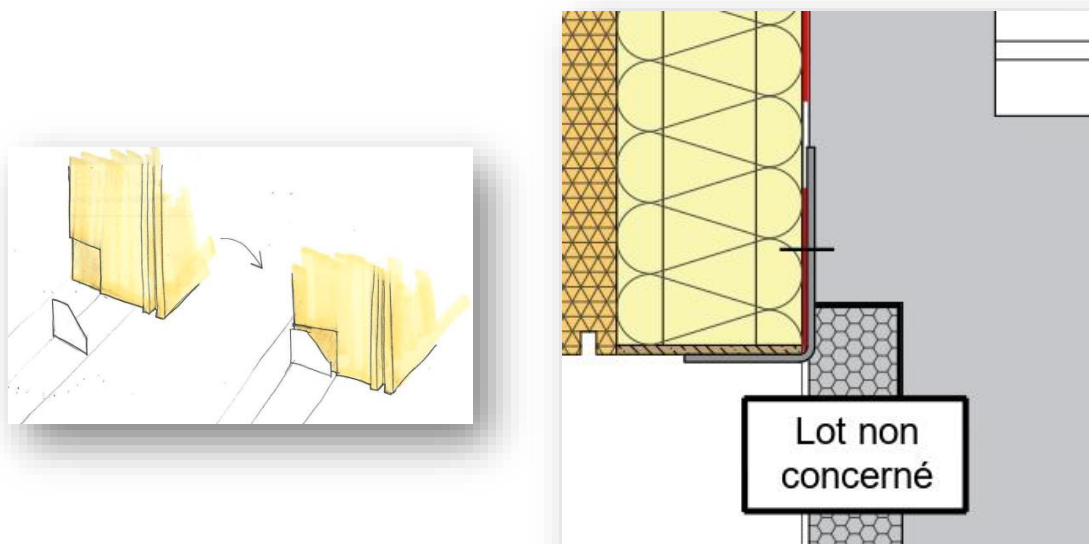
### 6.1. Solution de référence

La solution de référence comprend le changement des menuiseries, le sciage de l'appui de fenêtre et l'ajout de volet roulants.



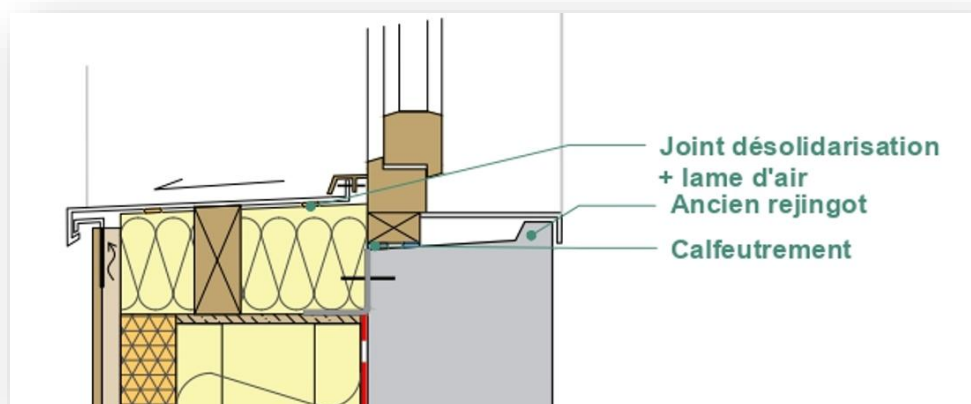
**Figure 8** – Coupe en partie courante – Fixation des caissons (hors soubassement et combles)

\* Les lots isolation des combles et isolation du soubassement ne sont pas traités dans ce guide.



**Figure 9** – Coupe et plan zoom détail ancrage équerre support caissons

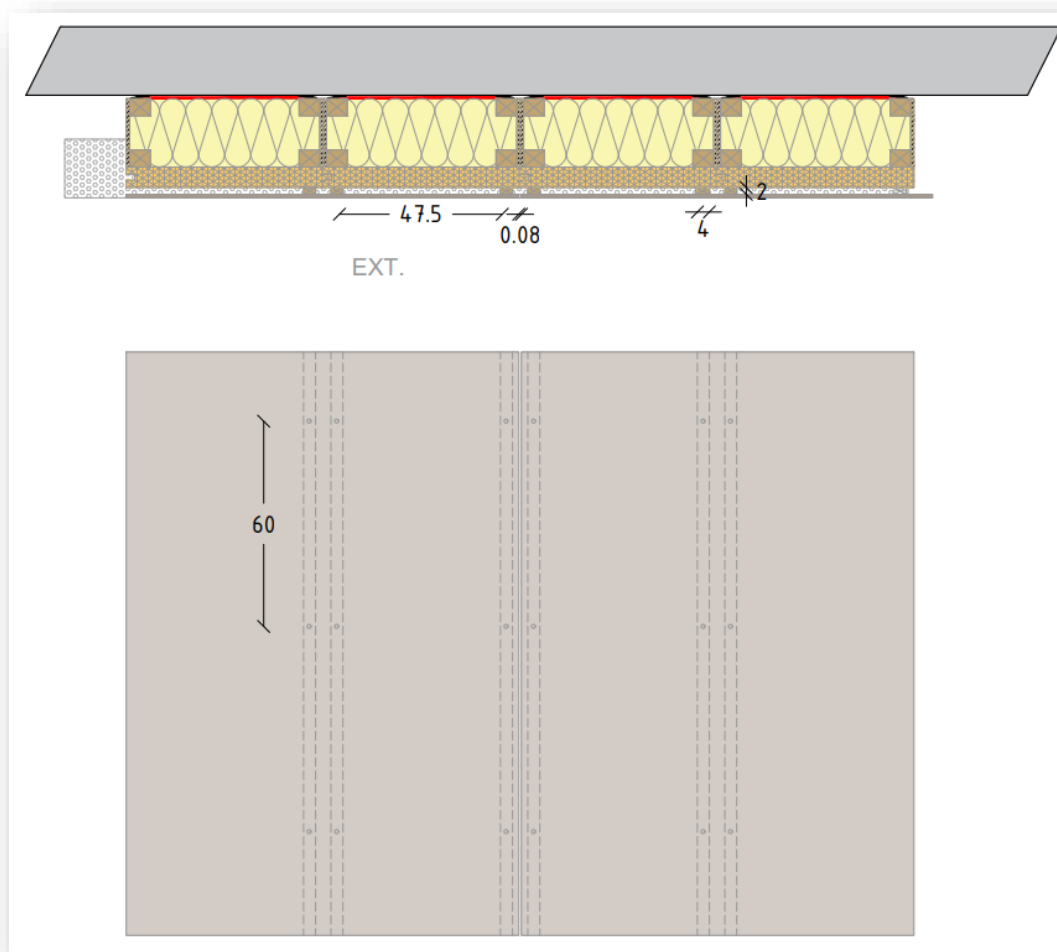
La première rangée de caissons présente un désaffleurement des parties latérales en OSB, permettant d'accueillir les raidisseurs de l'équerre basse. Ce dispositif contribue à un bon encastrement latéral des caissons entre eux, tout en participant à la réduction des ponts thermiques.



**Figure 10** – Équerre de protection et anti-déversement des caissons, bavette, jambage...

L'hypothèse du sciage de l'appui béton reste ouverte afin de faciliter l'intégration d'un caisson Elément'R à ce niveau. Cette opération devra néanmoins faire l'objet d'un chiffrage spécifique. Il est également nécessaire de prendre en compte le poids, la nature du matériau et la possibilité de redécoupe, afin d'éviter tout problème de fixation ou de surcharge au niveau des encadrements.

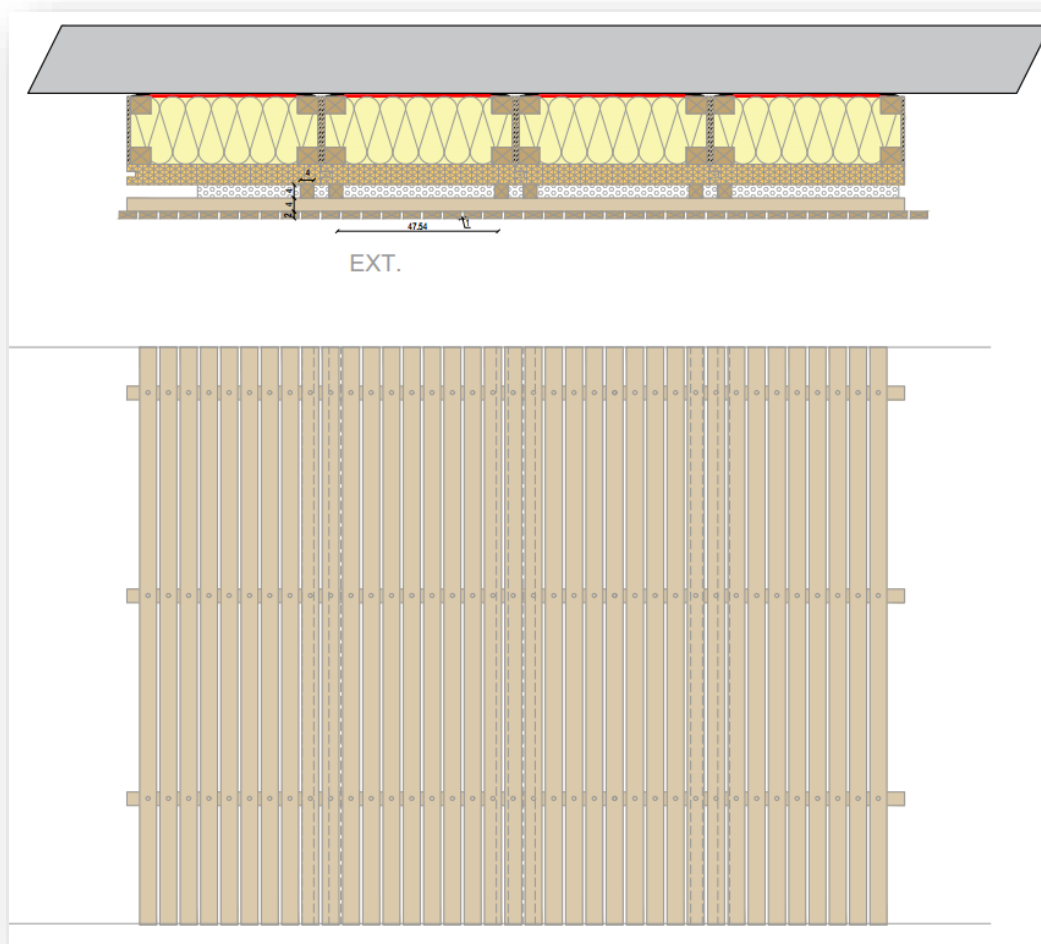




**Figure 11** – Finition revêtement bardage panneaux

La fixation du revêtement se fait par vis à double filetage (évite toute compression du panneau de fermeture en fibre de bois compressée), sur les tasseaux verticaux à travers le panneau de fibre de bois et au niveau des montants bois du caisson.

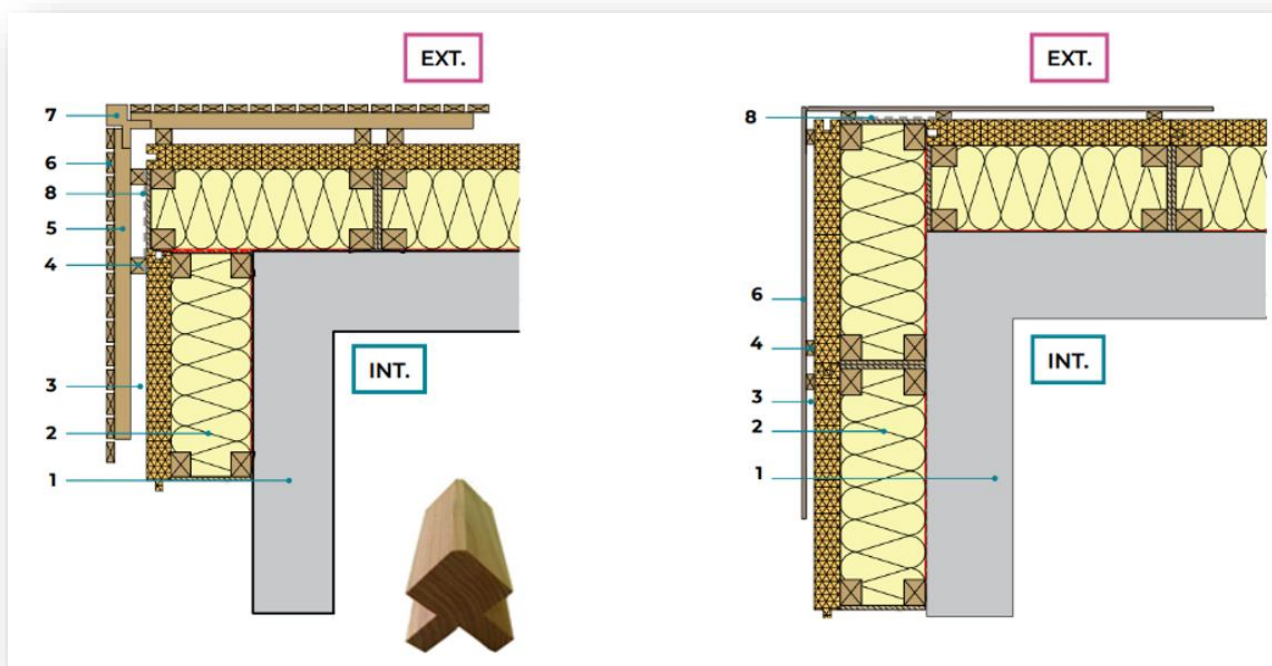
- Les tasseaux bois sont protégés par une bande EPDM ;
- L'espacement entre les fixations ne peut excéder 60 cm, compatible avec la largeur des caissons Elément'R ;
- L'entraxe entre panneaux doit être comprise entre 6 et 8 mm.



**Figure 12** – *Finition revêtement bardage bois*

Le revêtement est fixé par vis à double filetage, positionnée dans les montants bois du caisson, afin d'éviter toute compression du panneau de fermeture en fibre de bois densifiée.

**Fixation :** Vis en acier galvanisé, de diamètre 7 mm et 10.5 mm pour la tête de vis, 165 mm de longueur (comprend la traversée des 40 mm du tasseau, des 60 mm du panneau fibre de bois ainsi qu'une partie du montant).



**Figure 13** – Raccord angle sortant

- |   |  |
|---|--|
| 1. Paroi existante                      | 6. Bardage bois vertical ou bardage panneau  |
| 2. Caissons Elément'R                   | 7. Profil d'angle bois   |
| 3. Lame d'air ventilée                  | 8. Pare-pluie ajouté localement sur la zone du caisson dépourvue de panneau pare-pluie (fibre de bois assurant initialement cette fonction), exposée aux intempéries |
| 4. Tasseaux bois verticaux + bande EPDM |  |
| 5. Lisse + bande EPDM                   |  |

Différents types de finitions d'angle sont envisageables, en fonction du type de bardage retenu. L'angle de bardage est un élément essentiel pour assurer la jonction entre deux façades bardées. Il garantit une parfaite étanchéité tout en apportant une finition soignée et esthétique à la réalisation.

Un pare-pluie devra être ajouté sur la section du caisson dont les montants bois peuvent être soumis aux intempéries.

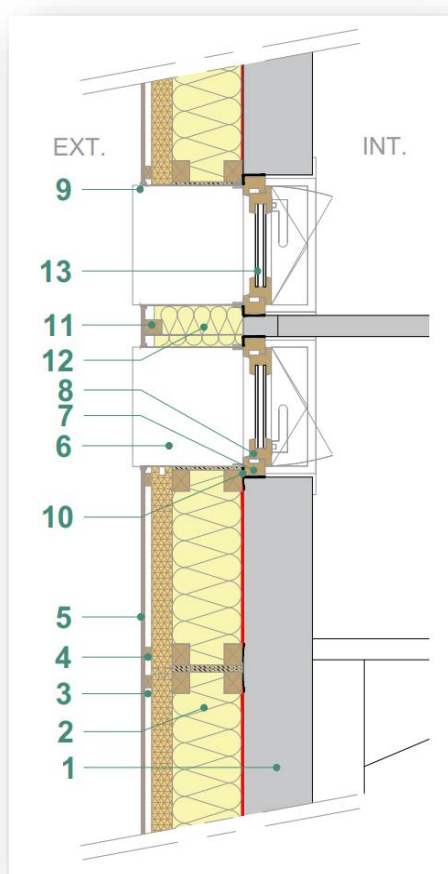
Vigilance au mouvement différentiel à l'angle : lors de la conception d'un bardage, l'angle constitue un point singulier particulièrement sensible. Il doit permettre non seulement la jonction entre deux façades, mais aussi absorber les éventuels mouvements différentiels entre les parois. Ces mouvements peuvent résulter de plusieurs facteurs, tels que la dilatation thermique, les variations hygrométriques ou

les légers tassements structuraux. Une attention particulière doit donc être portée à la conception des finitions d'angle pour éviter l'apparition de fissures, d'infiltrations ou de déformations dans le temps.

Des finitions d'angle adaptées au type de bardage : plusieurs solutions techniques peuvent être envisagées pour traiter les angles, en fonction du type de bardage utilisé :

- Angles rapportés ou habillages métalliques : utilisés pour les bardages rapportés, ils permettent de recouvrir l'angle tout en laissant une marge de dilatation.
- Joints creux ou profils d'angle souples : ces dispositifs sont adaptés aux matériaux sujets à de fortes variations dimensionnelles, comme le bois.

Angles à recouvrement : plus courants dans les bardages à lames, ils assurent une protection efficace contre les infiltrations tout en favorisant la ventilation du bardage.



1. *Paroi existante*
2. *Caisson ELÉMENT'R*
3. *Lame d'air ventilée*
4. *Tasseaux bois*
5. *Panneau de revêtement*
6. *Bavette aluminium laqué*
7. *Dormant*
8. *Ouvrant*
9. *Ebrasement aluminium finition en plis écrasé*
10. *Joint étanchéité*
11. *Tasseau bois sur équerre réglable*
12. *Complément isolant semi- rigide*
13. *Menuiseries changées*

**Figure 14** – Coupe horizontale du complexe avec changement des menuiseries

Certaines situations ne permettent pas la mise en place d'un caisson Elément'R, notamment lorsque la hauteur ou la largeur disponibles ne rendent pas cette solution pertinente. Dans ce cas exceptionnel, une mise en œuvre traditionnelle d'un isolant complémentaire sera nécessaire, et installé avec l'habillage de fenêtre.

### **Position des menuiseries :**

La nouvelle menuiserie est posée en **tunnel** au nu extérieur de la paroi existante afin de faciliter son démontage en cas de remplacement, sans nécessairement déposer l'isolant, et donc en garantissant la pérennité du complexe Elément'R .

### **Étanchéité à l'eau des angles de menuiseries :**

L'encadrement des ouvertures se fera à l'aide de tôles pliées, possédant des bords remontants de 30 mm minimum. Les tôles de joues et de linteaux viennent s'insérer dans une épingle en tôle 10/10° ou 15/10°.

### **Les systèmes de location de fenêtres :**

Ceci représente une approche innovante dans le secteur du bâtiment et de la rénovation. Inspirés des modèles d'économie circulaire, ils consistent à louer des fenêtres plutôt qu'à les vendre définitivement. L'entreprise reste propriétaire des menuiseries et s'engage à en assurer l'entretien, la réparation et, à terme, le recyclage ou la réutilisation. Ce modèle encourage la fabrication de fenêtres plus durables et démontables, limite les déchets en fin de vie et incite à la performance énergétique sur le long terme. Pour les utilisateurs, la location permet de bénéficier d'équipements de qualité sans investissement initial lourd, tout en garantissant une mise à jour régulière en fonction des évolutions techniques ou réglementaires. Ce système reste encore émergent, mais il illustre une dynamique forte vers une construction plus responsable et circulaire.

### **Systèmes d'occultation :**

La solution laisse la possibilité de choisir entre deux systèmes d'occultation qui prennent en compte différents critères : la réduction du clair de jour par rapport à l'existant, les contraintes de fixations et la ventilation à assurer en partie haute.

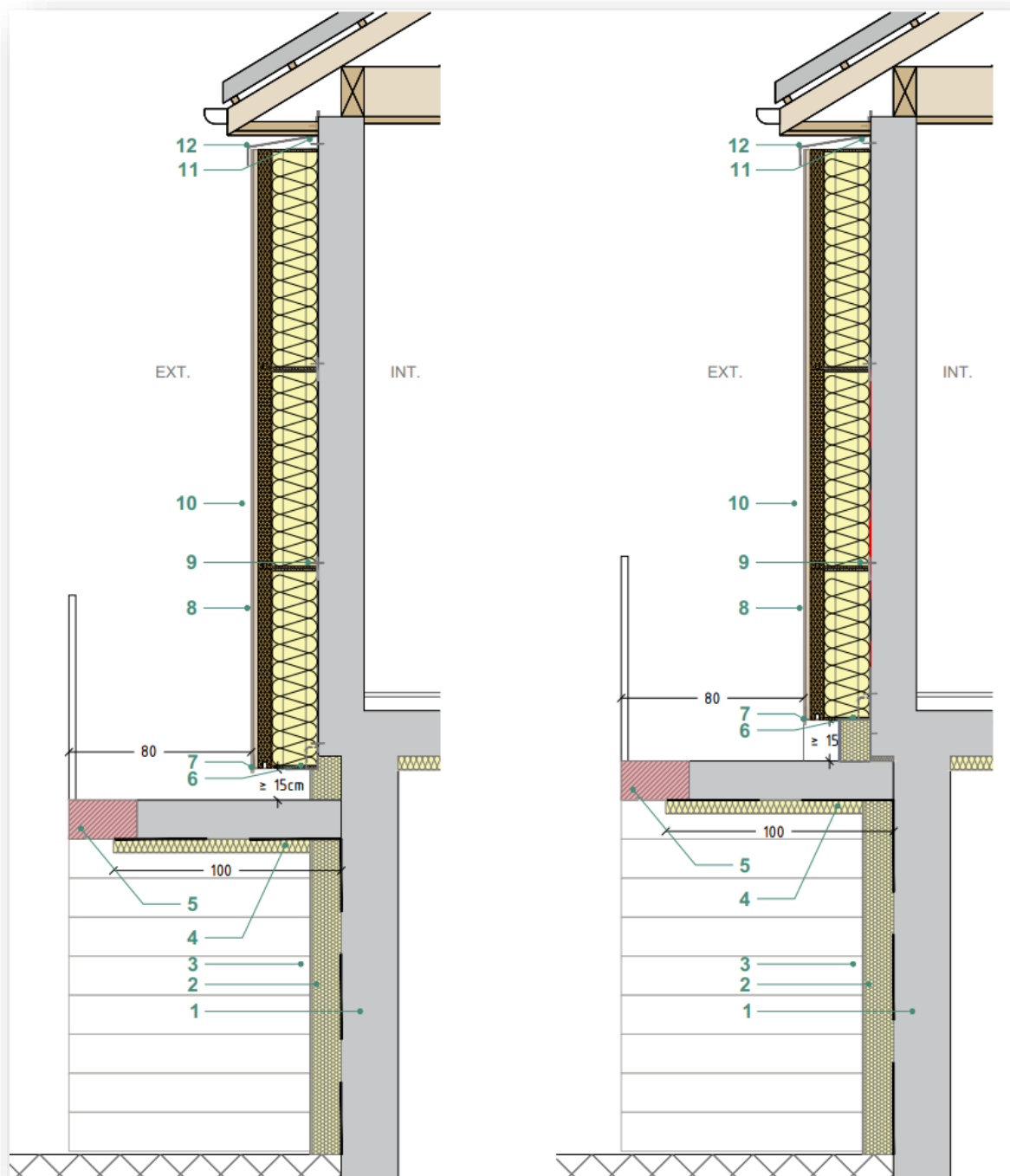
Sur la première option, la position des volets roulants ne diminue pas le clair de jour et permet la ventilation. Sur la deuxième solution, le réemploi des volets battants existants permet de préserver le clair de jour et d'éviter l'entretien lié à l'installation

de volets roulants. Par ailleurs, il existe des dispositifs motorisés ou mécaniques qui facilitent les manœuvres d'ouverture et de blocage des volets battants.

Les volets à battants sont fixés mécaniquement sur les ébrasements, et non sur le caisson, afin d'éviter tout percement susceptible d'exposer l'isolant biosourcé aux intempéries. Des ébrasements aluminium pour des volets battants composites et des ébrasements bois pour volets battants bois.

### **\* Option - moustiquaire enroulable verticale :**

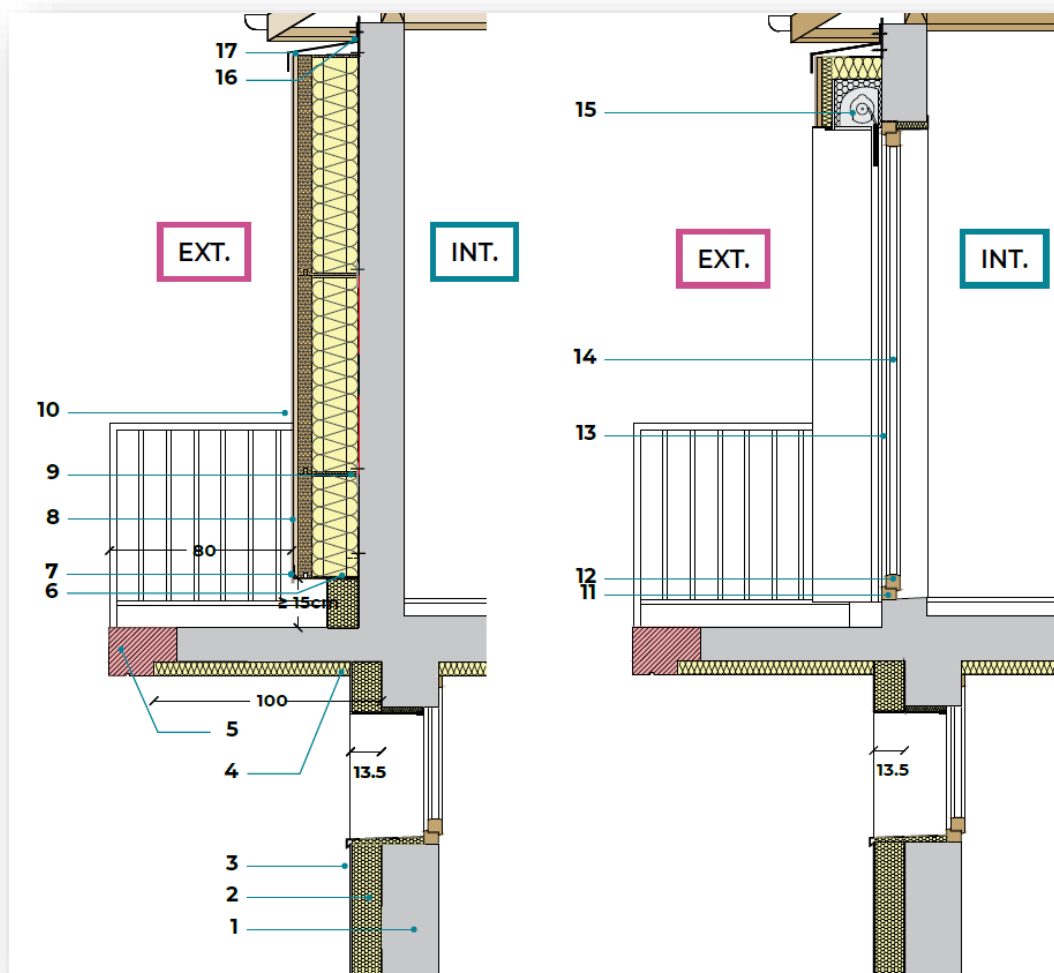
La pose de la moustiquaire peut s'effectuer à l'extérieur afin de ne pas contraindre l'ouverture des menuiseries battantes quand la moustiquaire est abaissée. Après l'ajustement de la longueur du coffre et des glissières, il suffit d'assembler et de fixer le kit. Qu'elle soit en tunnel, après la pose des caissons Elément'R ou en applique façade, il est cependant nécessaire de percer le caisson pour fixer les glissières. Cette action présente un risque d'exposer l'isolant aux intempéries, ou de compromettre la continuité du pare-pluie. Cette option a donc été abandonnée.



**Figure 16** – Coupe escaliers accolés à la façade

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. Paroi existante                     | 7. Grille anti-rongeur    |
| 2. Isolant PU                          | 8. Tasseaux bois          |
| 3. Protection mécanique intégrée       | 9. Patte de fixation      |
| 4. Isolant en sous face                | 10. Panneau de revêtement |
| 5. Coulage béton, complément de marche | 11. Equerre de fixation   |
| 6. Equerre base avec raidisseurs       | 12. Couvertine            |

La réduction de la largeur de passage due à l'application du complexe en façade extérieure, nécessite au niveau des escaliers, un prolongement des dalles béton afin de retrouver, à minima, la largeur de passage existante.



**Figure 17** – Coupe balcon

À droite : coupe balcon filant - À gauche : coupe ouverture en balcon.

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Paroi existante                     | 11. Dormant                       |
| 2. Isolant PU                          | 12. Ouvrant                       |
| 3. Protection mécanique intégrée       | 13. Ebrasement aluminium          |
| 4. Isolant en sous face                | 14. Menuiseries changées          |
| 5. Coulage béton, complément de marche | 15. Coffre de volet roulant isolé |
| 6. Lisse base avec raidisseurs         | 16. Equerre de fixation           |
| 7. Grille anti-rongeur                 | 17. Couvertine                    |
| 8. Tasseaux bois                       |                                   |
| 9. Patte de fixation                   |                                   |
| 10. Panneau de revêtement              |                                   |



Bien qu'un coffrage latéral en béton soit représenté, et afin de préserver l'esprit de préfabrication propre à la solution Elément'R, il est envisageable d'adopter un principe de rallonges latérales fixées sur la structure existante, de type consoles, permettant d'élargir la largeur de passage.

## **6.2.Adaptations type 1 – Architecturales**

### **Prise en compte des variantes :**

La standardisation de la solution repose sur l'atteinte d'un ratio 80 % de la façade réalisée en caissons de dimensions standards / 20 % en caissons sur mesure pour s'adapter aux modénatures, typologies de menuiseries, présence d'ouvrages en façades (auvents, balcons etc.).

Le configurateur génère un calepinage détaillé (modules standards et sur mesure), ce qui permet d'anticiper l'ensemble des éléments à installer. Les modules sur mesure sont ainsi également préfabriqués en atelier, réduisant les adaptations à réaliser sur chantier. Ces caissons peuvent intégrer des éléments spécifiques tels que brise-soleils, descentes d'eau pluviale ou ajustements à la trame.

En revanche, la connexion au bâti existant et l'adaptation au site nécessitent la mise en œuvre et le façonnage sur chantier de pièces de finition du type :

- Système d'accroche au bâti ;
- Tôleries de connexion aux toitures ;
- Mise en œuvre de DEP ;
- Finition des rives ;
- Finition des sorties de réseaux et éléments techniques ;
- ...

### **6.2.1. Déclinaison sous-type 1.1 - Nature du mur**

#### **Déclinaison 1.1.1 Mur en béton**

- Sans modification du principe de la solution ;
- Mur en béton : DTU 23.1 ;
- Mur en béton préfabriqué : NF DTU 21.

### Déclinaison 1.1.2 Mur en brique

- Sans modification du principe de la solution ;
- Mur maçonné en brique : NF DTU 20.1

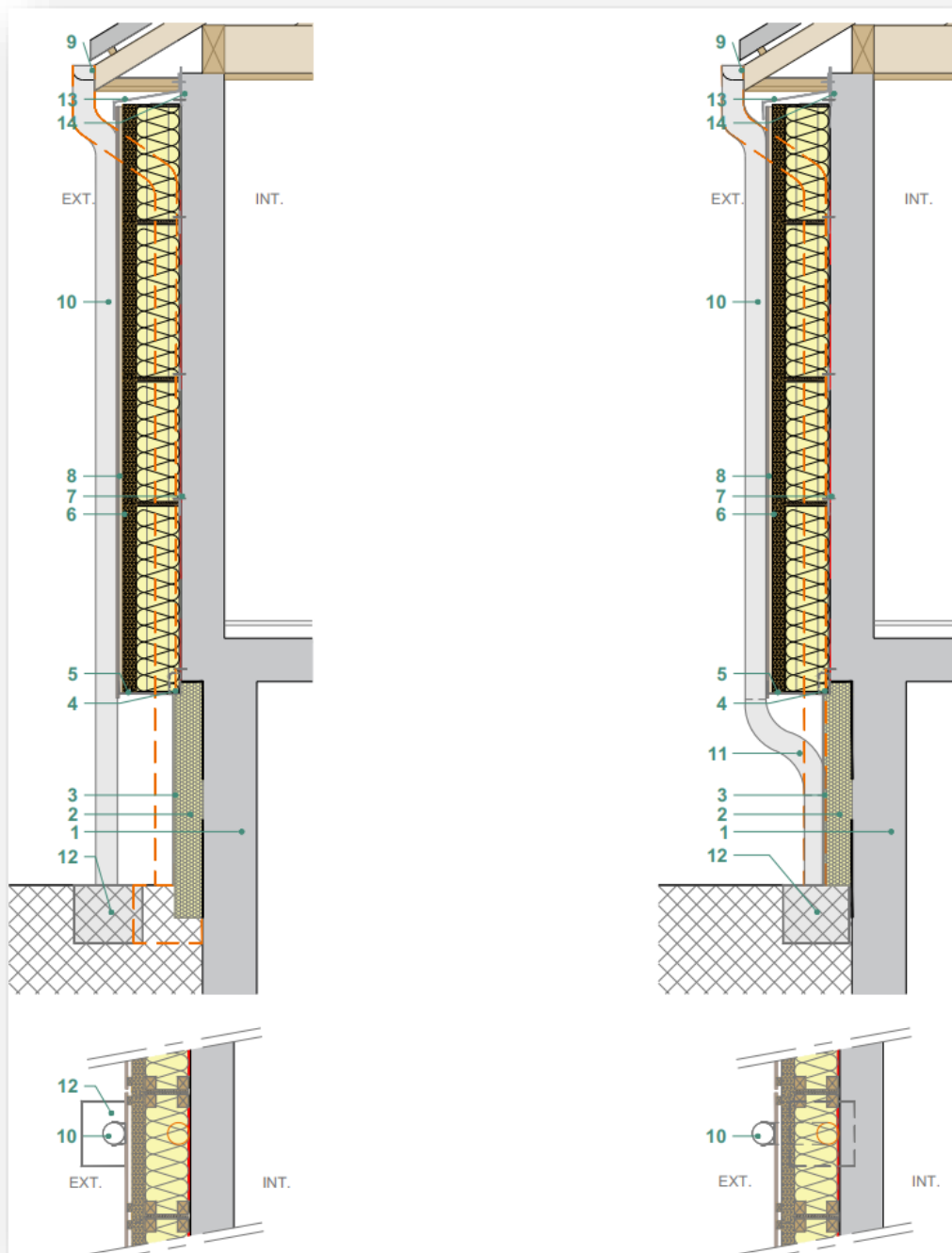
**Tolérances admissibles :** On considère que les parois supports respectent les tolérances d'exécution de leurs DTU respectifs. Les parois support doivent être continues. Le système est conçu pour reprendre les tolérances propres aux référentiels de chaque support. Cette reprise de tolérance est réalisée par les équerres en tête et par la cornière en pied des modules.

**Pattes et fixations :** Les pattes équerres de fixation sont des pattes fixes en acier qui servent à tenir en tête les modules. Elles dépendent du cahier du CSTB 3316. Celles-ci ne reprennent que les efforts de vent, et en aucun cas les charges verticales de poids du système. Les efforts de vent sont donc le critère de dimensionnement de ces pattes. Les montants seront tenus en tête par des pattes équerres. Le choix de ces pattes équerres dépendra donc de leur capacité à reprendre les efforts de vent propres aux projets.

### 6.2.2. Déclinaison sous-type 1.2 - Obstacles

#### Déclinaison 1.2.1 Intégration des conduits de ventilation ou tuyaux verticaux

Déclinaison sans modification du principe de la solution.



**Figure 18** – Schéma coupe déplacement DEP

\* Les pointillés orange représentent la position originelle de la DEP.

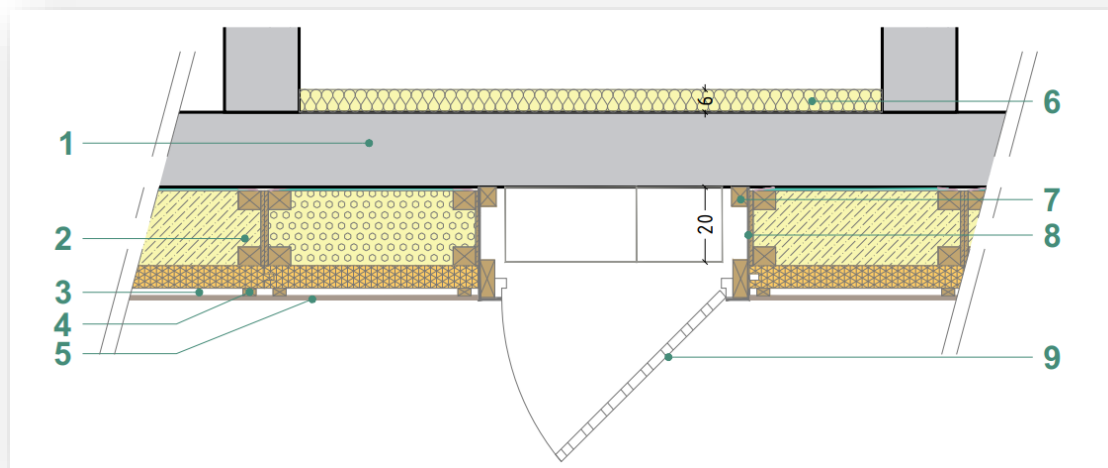
- |                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| 1. Paroi existante               | 8. Panneau de revêtement  |
| 2. Isolant PU                    | 9. Gouttière existante    |
| 3. Protection mécanique intégrée | 10. DEP aluminium         |
| 4. Lisse base avec raidisseurs   | 11. Coudes aluminium 90°  |
| 5. Grille anti-rongeur           | 12. Regard eaux pluviales |
| 6. Tasseaux bois                 | 13. Equerre de fixation   |
| 7. Patte de fixation             | 14. Couvertine            |

### Déclinaison 1.2.2 Câbles électriques

Déclinaison sans modification du principe de la solution.

### Déclinaison 1.2.3 Gestion boîtier concessionnaires intégrés ou en saillies

Déclinaison avec modification du principe de la solution.



**Figure 19** – Armoire technique - Réserve dans complexe façade pour coffrets électricité et gaz

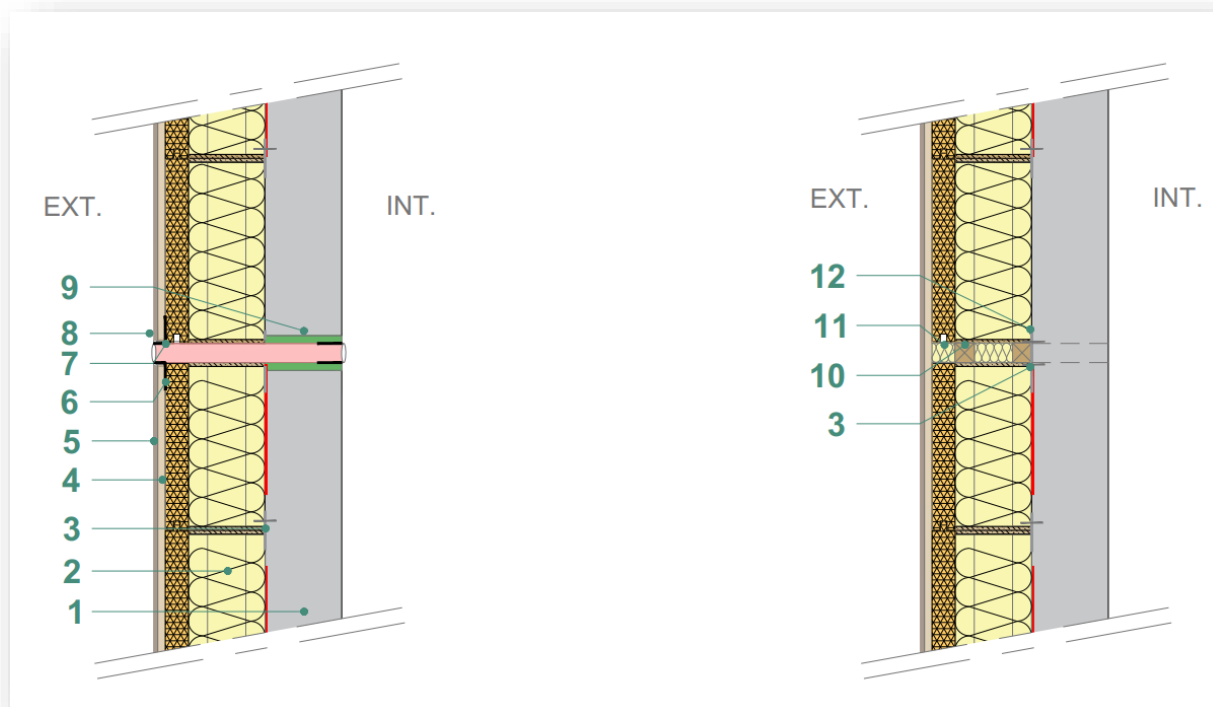
- |   |  |
|---|--|
| 1. Paroi existante                            | 7. Montants d'ossature bois imputrescible ancrés sur sabots métalliques                          |
| 2. Caisson ELÉMENT'R                          | 8. Cadre en capotage aluminium laqué plié  |
| 3. Lame d'air ventilée                        | 9. Fermeture par porte métallique en tôle perforée laquée, compris carré pompier et signalétique |
| 4. Tasseaux bois                              |  |
| 5. Panneau de revêtement                      |  |
| 6. ITI intérieur à préciser avec BE thermique |  |

### Vigilance :

Intégrer une pente en partie haute de ce cadre pour l'écoulement des eaux.

## Déclinaison 1.2.4 Gestion des sorties réseaux en façades (luminaires, ventouse de chaudière, points d'eau, prise extérieure...)

Déclinaison avec modification du principe de la solution.



**Figure 20** – Coupe verticale à gauche : au niveau de la pénétration horizontale  
 Coupe verticale à droite : vide laissé par le passage pénétration horizontale sur un même caisson

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Paroi existante                   | 8. Encadrement - finition en plis écrasé               |
| 2. Caisson ELÉMENT'R                 | 9. Manchon EPDM + rejointement du revêtement intérieur |
| 3. Patte d'assemblage supérieure     | 10. Calles bois  |
| 4. Tasseaux bois                     | 11. Complément d'isolant                               |
| 5. Panneau de revêtement             | 12. Fixation en partie basse                           |
| 6. Manchon EPDM + joint d'étanchéité |  |
| 7. Tuyau - pénétration horizontale   |  |

### 6.2.3. Sous type 1.3 – Maison en limite parcellaire / Gestion de la mitoyenneté (Maison type B2.2)

#### Déclinaison 1.3.1 - Gestion d'un potentiel surplomb sur la parcelle voisine ou emprise publique

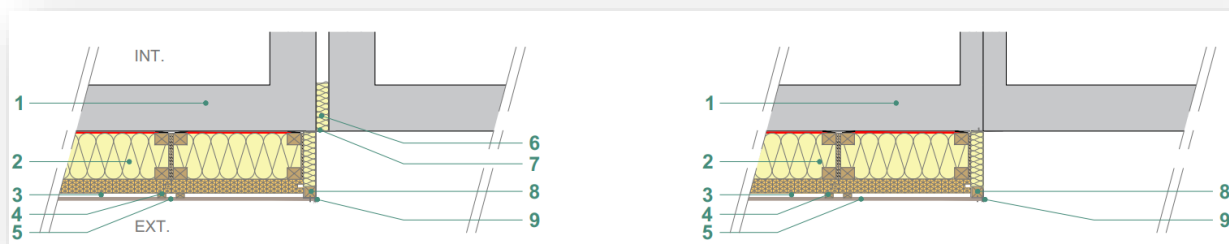
Sans modification du principe de la solution.

Si la maison se situe en limite parcellaire et que le dispositif d'isolation thermique par l'extérieur empiète sur l'emprise publique, il existe plusieurs possibilités :

- L'existence du décret *n° 2016-802 du 15 juin 2016* facilitant la délivrance d'une autorisation d'urbanisme pour la mise en œuvre d'une isolation thermique ou d'une protection contre le rayonnement solaire. Ce décret repositionne la tolérance de dépassement jusqu'à 30 cm au-delà de ce qui est autorisé par rapport aux règles d'emprise bâtie. Les caissons de la solution Elément'R mesurant 26 cm de profondeur, ils sont susceptibles d'être couverts par ce décret.
- Localement, il y aura lieu de vérifier si le PLU prévoit des aménagements lors de dépassement d'un complexe dans le cadre d'amélioration des performances énergétiques du logement.

#### Déclinaison 1.3.1 – Gestion de la mitoyenneté

Déclinaison avec modification du principe de la solution.



**Figure 21** – Profil de jonction - Arrêt ITE à la mitoyenneté

- |  |   |
|--|---|
| 1. Paroi existante   | 7. Habillage acier laqué compris joint silicone de finition |
| 2. Caisson Elément'R   | 8. Tasseaux bois déporté par une équerre                    |
| 3. Lamé d'air ventilée   | 9. Profil d'arrêt de bardage : tôle acier en pli écrasé     |
| 4. Tasseaux bois   |   |
| 5. Panneau de revêtement   |   |
| 6. Traitement du joint de dilatation d'épaisseur variable par Compriband |   |

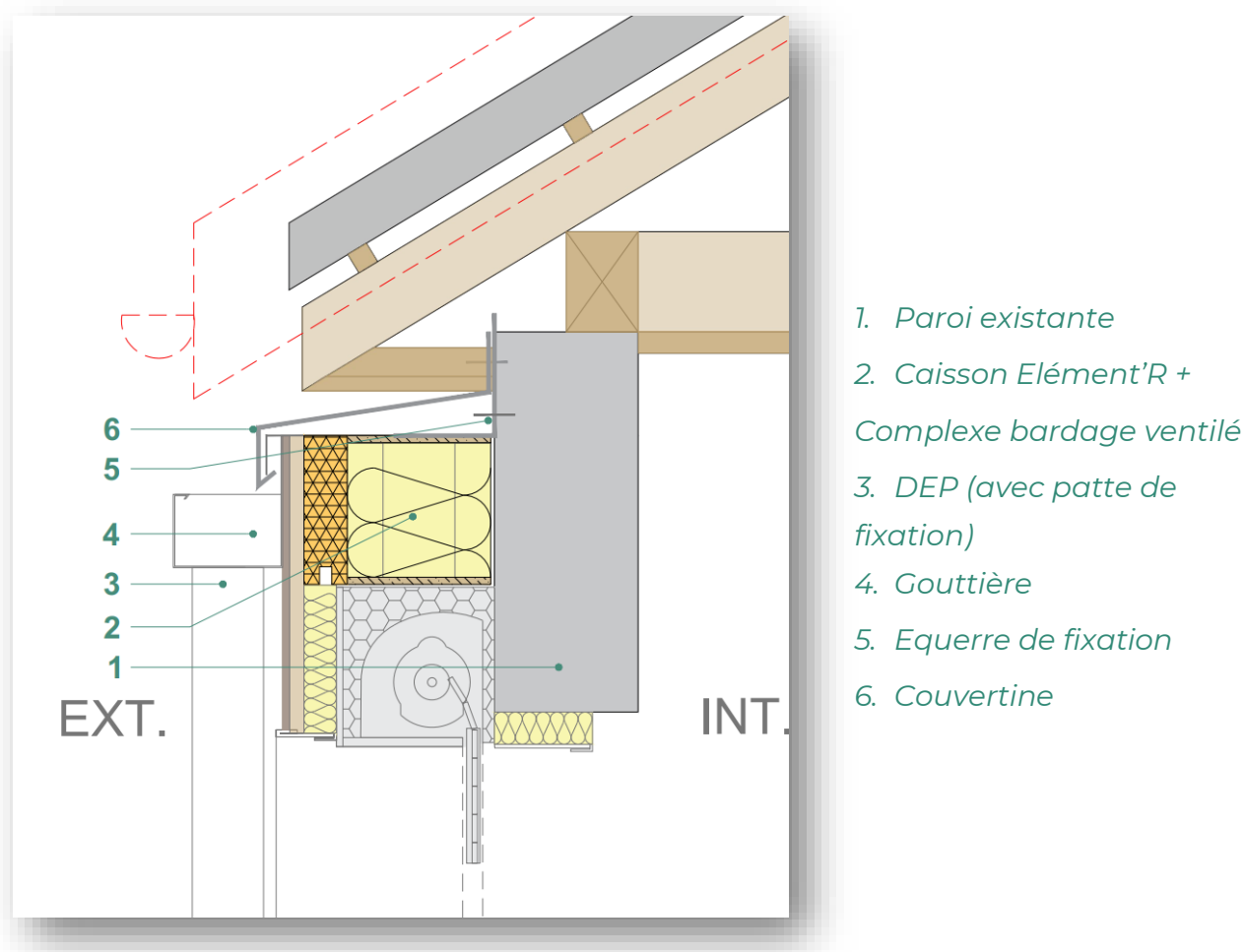
Deux options ont été étudiées en fonction de l'état existant, selon la présence ou l'absence d'un joint de dilatation.

#### 6.2.4. Sous type 1.3 – Débord de toit

##### Déclinaison 1.4.1 - Débord de toit peu important

Déclinaison avec modification du principe de la solution.

Adaptation à débord de toiture (contrainte pose des éléments si grue, raccordement aux ouvrages gestion des eaux ou leur déport) ;

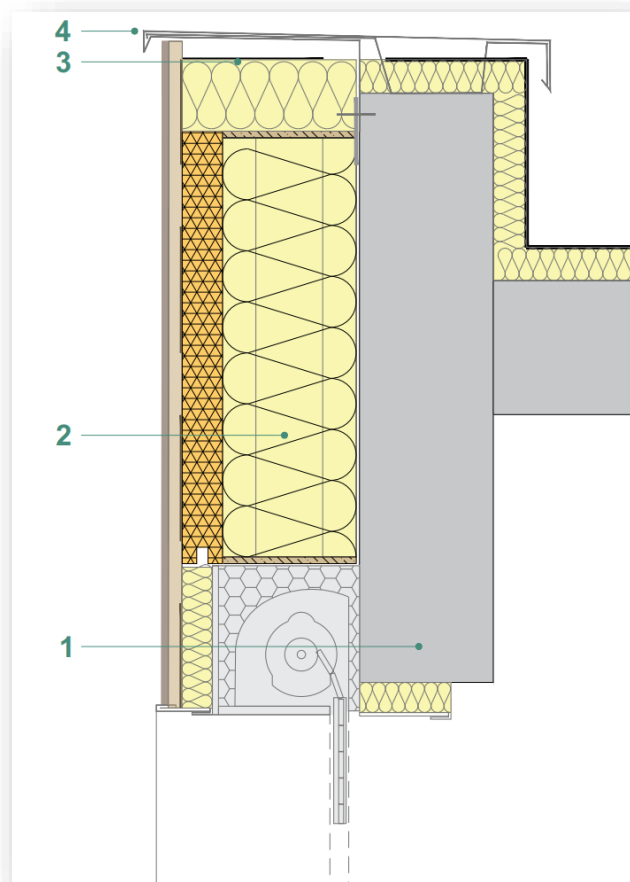


**Figure 22** – Faible débord de toit

\* La ligne rouge représente le débord de toit en situation de référence

La DEP est fixée sur l'ossature (lisse verticale bois, chevron, montant suivant le type de bardage) située derrière le bardage.

## Déclinaison 1.4.2 - Acrotère



- 1. *Paroi existante*
- 2. *Caisson ELÉMENT'R + complexe bardage ventilé*
- 3. *Membrane d'étanchéité*
- 4. *Couvre mur + casse goutte*

**Figure 23** – Toit plat - acrotère

## 6.3.Adaptation type 3 - Diagnostic

### 6.3.1. Sous-type diagnostic 3.1 – Remontée capillaire

#### Déclinaison 3.1.1 - Remontées capillaires dans les murs

Sans modification du principe de la solution.

Se référer au § 7.2.1.

### 6.3.2. Sous-type diagnostic 3.2 – Parois déjà isolées

#### Déclinaison 3.2.1 - Parois intérieures déjà isolées

Déclinaison sans modification du principe de la solution.

Cf. section 9.b.ii

#### Déclinaison 3.2.1 - Parois extérieures déjà isolées

Déclinaison sans modification du principe de la solution.

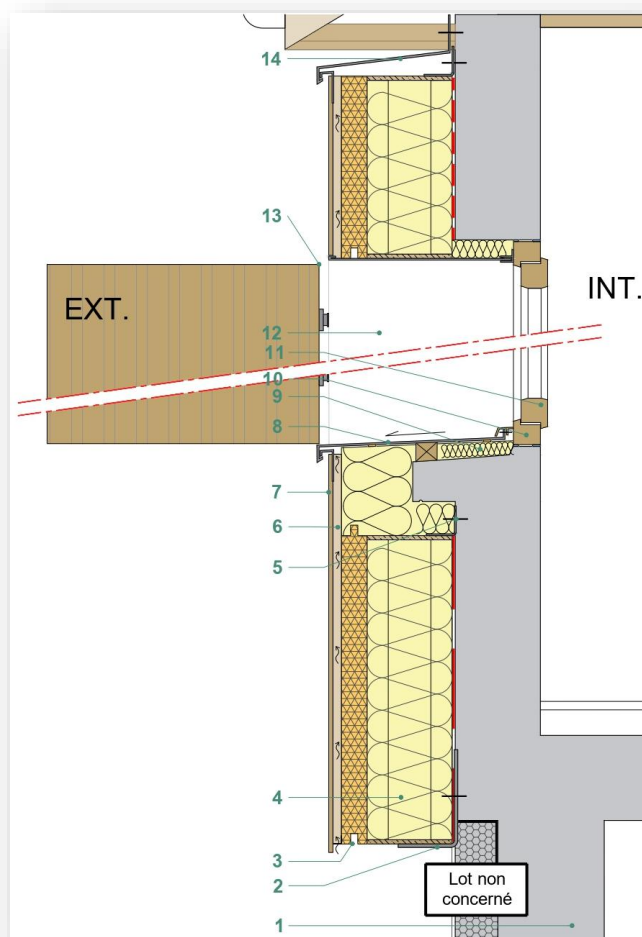
Cf. section 9.b.ii



### 6.3.3. Sous-type diagnostic 3.3 – Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées

#### Déclinaison 3.3.1 - Conservations des menuiseries et volets battants existants

Déclinaison avec modification du principe de la solution.

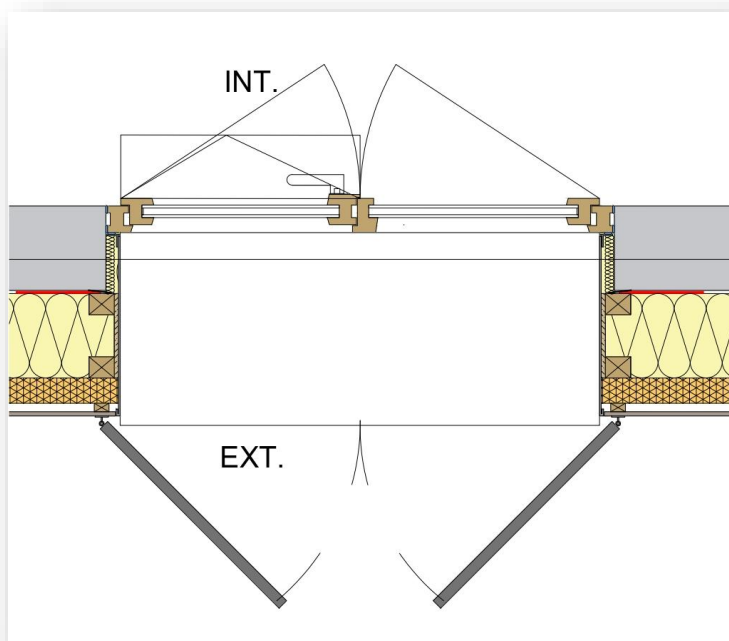


1. Paroi existante
2. Equerre base avec raidisseurs
3. Grille anti-rongeur
4. Caisson Elément'R
5. Patte d'assemblage
6. Tasseaux bois + bande EPDM
7. Panneau de revêtement
8. Bavette aluminium laqué
9. Isolant complémentaire rigide
10. Dormant
11. Ouvrant
12. Ebrasement aluminium
13. Volets battants remployés
14. Couvertine

**Figure 34** – Coupes du complexe avec conservation des menuiseries

Appui conservé, création d'un rejingot dans la maçonnerie, réemploi des volets battants.

L'hypothèse du sciage de l'appui béton et la création d'un rejingot a été imaginée par rapport à bonne l'évacuation de l'eau vers l'extérieur que contient la chambre de décompression.

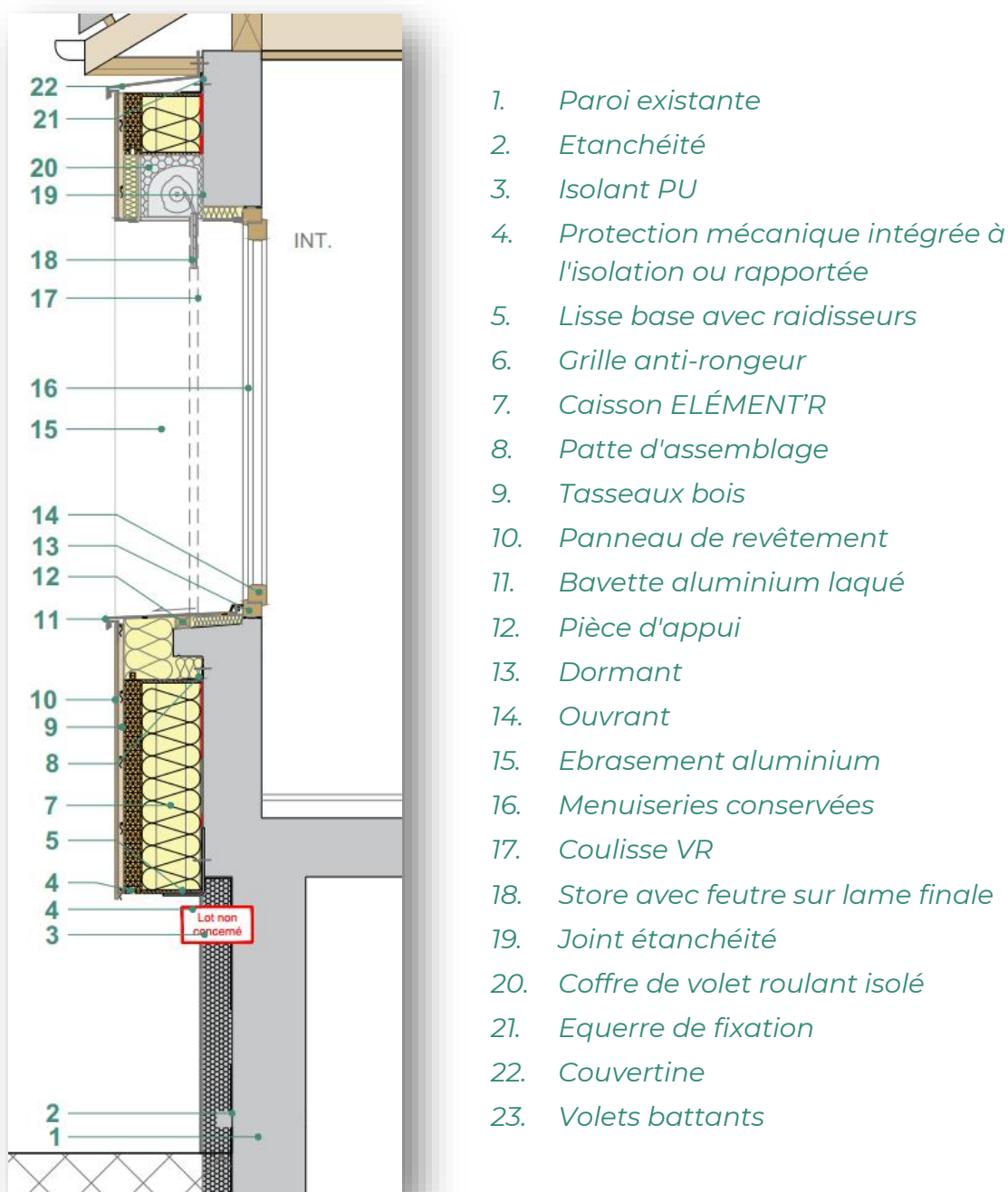


**Figure 25** – Fixation des volets battants réemployés

Les volets battants sont fixés sur l'ossature (lisse verticale bois, chevron, montant suivant le type de bardage) située derrière le bardage.

### Déclinaison 3.3.2 Conservations des menuiseries et d'ajout volets roulants

Déclinaison avec modification du principe de la solution.



**Figure 26** – Coupes du avec conservation des menuiseries et ajout de volets roulants

L'encadrement des ouvertures se fera à l'aide de tôles pliées, possédant des bords remontants de 30 mm minimum.

### 6.3.4. Sous-type diagnostic 3.4 – Risque de perte d'usage

#### Déclinaison 3.4.1 - Rétrécissement de l'unité de passage de l'escalier et du balcon

Déclinaison sans modification du principe de la solution.

Dans les zones critiques comme les escaliers et balcons, il est possible d'envisager une réduction de l'épaisseur du complexe ITE pour limiter l'impact sur la largeur utile. Cela nécessite une analyse technique approfondie pour s'assurer que la réduction n'affecte pas les performances thermiques globales.

Par ailleurs, si la structure le permet, il peut être possible d'ajouter une extension ou un élargissement pour compenser la perte de largeur causée par l'ITE. Cela pourrait impliquer un prolongement de la dalle ou des marches.

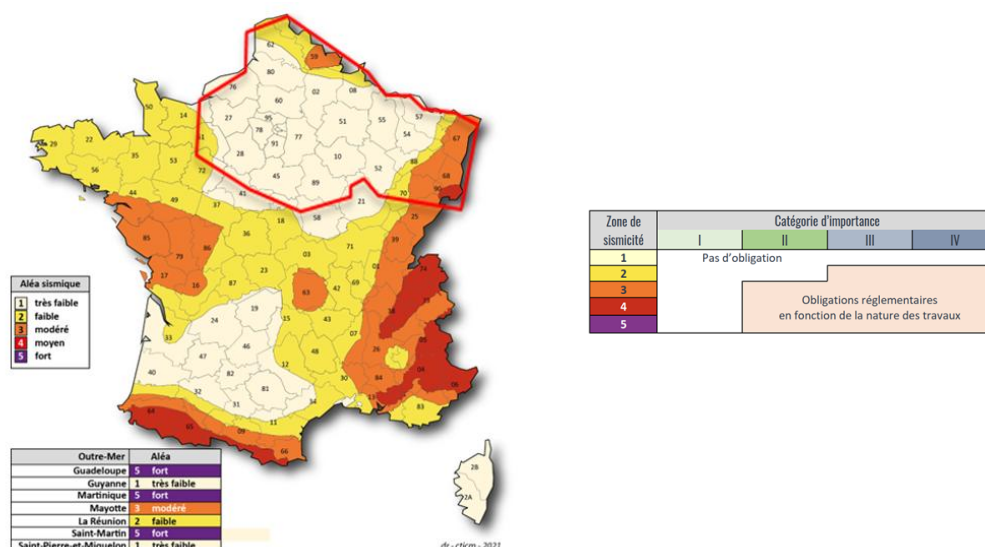
## 7. RÈGLES DE CONCEPTION DES LOTS MURS ET LOT MENUISERIES ET INTERFACES

### 7.1. Adaptations de type 2 - Localisation

#### 7.1.1. Sous type 2.1 - Zone sismique

##### Déclinaison 1.3.1 - Risque élevé

En France, par exemple, les régions sont classées en fonction de leur risque sismique, selon un zonage défini par la norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8). Ce zonage permet de connaître le risque sismique d'une région :



**Figure 27** – Guide ENS - Risque sismique par région - Réglementation parasismique française applicable aux bâtiments neufs à risque normal

Le domaine d'emploi revendiqué concerne les logements individuels des 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> familles, telles que définies par l'arrêté du 31 janvier 1986 (version en vigueur au 18 août 2022).

En zones de sismicité 1 et 2, les règles parasismiques ne s'appliquent pas aux bâtiments de ces familles.

En zone de sismicité 3, pour les bâtiments de la 2<sup>e</sup> famille, un calcul parasismique spécifique devra être réalisé. Seuls les composants validés dans les conditions de ce calcul, conformément à leur Avis Technique, pourront être utilisés.

Ces bâtiments devront être classés en catégorie d'importance II, conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

### 7.1.2. Sous type 2.2. - Prescription PLU/zone classée (patrimoine)

#### **Déclinaison 2.2.1. - Prescription PLU**

En cas de surplomb, vérifier l'existence de tolérance inscrite au PLU ou se rapprocher de la mairie directement pour négocier une tolérance.

#### **Déclinaison 2.2.2. - Zone classée (patrimoine)**

Si la maison se trouve dans une zone classée, prendre rendez-vous avec l'ABF pour lui faire valider les matériaux de revêtement, les teintes et la taille des ouvertures si modification. Des adaptations des finitions murs et menuiseries peuvent être demandées. Dans ce cas, vérifier les que la modification du parement des caissons n'entraîne pas de problème du point de vue de leur fixation en façade.

### 7.1.3. Sous-type 2.3 – Risques hygro

#### **Déclinaison 2.3.1 - Risque élevé**

L'évaluation des résultats selon les trois critères d'analyse définis dans le guide SIMHUBAT indique l'absence de risques liés à l'humidité dans les conditions suivantes :

- Climats de plaine, y compris les zones très froides situées à une altitude inférieure à 900 m ;
- Locaux à hygrométrie moyenne, non climatisés en période estivale ;
- Présence d'un pare-pluie rigide disposant d'une résistance thermique minimale  $R \geq 1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  et d'une épaisseur équivalente d'air  $S_d \leq 0,3 \text{ m}$  ;

- Mise en œuvre possible avec ou sans membrane pare-vapeur positionnée derrière les caissons ;
- Mur support constitué de maçonnerie (parpaing ou brique) ou de béton, avec possibilité d'isolation intérieure existante. Dans ce cas, l'isolation intérieure doit présenter une résistance thermique  $R_{ITi} \leq 2,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

## **7.2.Adaptations de type 3 - Diagnostic**

### **7.2.1. Remontée capillaire**

#### **Déclinaison 3.1.1 - Remontée capillaire dans les murs**

Vérification de l'absence de remontée capillaire sur les soubassements.

La mise en œuvre d'un isolant imputrescible semi-enterré au niveau du local non chauffé réduit considérablement les risques de remontée capillaire.

### **7.2.2. Sous-type 3.2 – Parois déjà isolées**

#### **Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées**

Les locaux visés sont les locaux à faible ou moyenne hygrométrie « EB+ locaux privés » (cahier du CSTB 3567 V2).

La résistance thermique de l'isolation intérieure ne doit pas être supérieure à 1/3 de la résistance totale de la paroi isolée afin d'éviter tout problème de point de rosée.

L'homogénéité des couches d'isolant rapporté devra également être respectée :

- Pour un bâtiment situé en basse altitude ( $< 600 \text{ m}$ ) : appliquer la règle des  $2/31/3$  ;
- Pour un bâtiment situé à une altitude  $\geq 600$  mètres ou en zone très froide (définie dans le NF DTU 20.1 partie 3, température de base  $< -15 \text{ }^\circ\text{C}$  calculée conformément à la norme NF P52.612/CN) : appliquer la règle des  $3/4 \text{ } 1/4$ .

En dehors de ces règles, il est fortement recommandé de faire réaliser une étude hygrothermique par un Bureau d'Études Thermiques. Un diagnostic du bâtiment (audit énergétique) est également conseillé préalablement à la réalisation des travaux.

### 7.2.3. Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées par l'intérieur

#### Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées par l'intérieur

Isoler une paroi déjà isolée peut poser des problèmes dans certains cas, mais pas systématiquement.

Cas où l'application d'une ITE sur paroi isolée ne pose pas de problème :

- L'isolant existant est peu performant (ex. : laine de verre fine des années 70-80, polystyrène de faible épaisseur...) ;
- L'isolation est continue et bien posée, sans risque de condensation interne.

Dans ce cas, un complément d'isolation (en ITE ou ITI) permet d'améliorer les performances globales, réduire les ponts thermiques et atteindre les niveaux requis pour les aides ou labels.

Cas où l'application d'une ITE sur paroi isolée peut poser un problème :

- Si l'ancien isolant est perméable à la vapeur (ex. : laine minérale) et que le nouvel isolant est très étanche (ex. : PSE, polyuréthane), de l'humidité peut se piéger entre les deux couches.

La solution consiste à réaliser une étude hygrothermique (selon les règles du guide [SimHuBat - Pro'Réno](#)) ou vérifier les règles de mise en œuvre (CSTB, guides RAGE) pour assurer que le point de rosée reste hors de la paroi.

#### En résumé :

Situation	Risque	Recommandation
Ancien isolant mince ou mal posé	Faible	Compléter si bonne gestion hygro
Ancien isolant performant et sain	Faible à moyen	Analyser le gain réel
Isolant ancien + nouveau peu compatibles	Élevé (condensation)	Étude hygrothermique nécessaire
Superposition sans étude préalable	Moyen à élevé	Vérifier détails techniques et réglementaires

En perçant un petit trou discret (dans un placard, derrière une plinthe, etc.) il est possible de constater l'existence ou non d'un isolant derrière un doublage et son

épaisseur. Ceci peut se faire simplement au moyen d'un tournevis ou plus techniquement avec une caméra endoscopique.

Vérifier l'épaisseur des murs intérieurs : les potentiels retrait des menuiseries, des prises électrique, largeurs d'allèges plus importantes... Un décroché ou doublage en plâtre, plaque de plâtre ou lambris pouvant indiquer une ITI.

#### 7.2.4. Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées par l'extérieur

##### **Déclinaison 3.2.1 - Parois déjà isolées par l'extérieur**

Les locaux visés sont les locaux à faible ou moyenne hygrométrie « EB+ locaux privés » (cahier du CSTB 3567 V2).

La résistance thermique de l'isolation intérieure ne doit pas être supérieure à **1/3 de la résistance totale** de la paroi isolée afin d'éviter tout problème de point de rosée. L'homogénéité des couches d'isolant rapporté devra également être respectée.

- Pour un bâtiment situé en basse altitude (< 600 m) : appliquer la règle des  $2/3-1/3$  ;
- Pour un bâtiment situé à une altitude  $\geq 600$  mètres ou en zone très froide (définie dans le NF DTU 20.1 partie 3, température de base  $< -15$  °C calculée conformément à la norme NF P52.612/CN) : appliquer la règle des  $3/4 - 1/4$ .

En dehors de ces règles, il est fortement recommandé de faire réaliser une étude hygrothermique par un Bureau d'Études Thermiques, conformément au Guide [SimHuBat](#). Un diagnostic du bâtiment (audit énergétique) est également conseillé préalablement à la réalisation des travaux.

#### 7.2.5. Sous-type 3.3 – Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées

##### **Déclinaison 3.3.1 - Conservations des menuiseries et volets battants existants**

Étanchéité : vérifier l'état des joints, la présence de grilles de ventilation intégrées, de rupteurs thermiques.

Selon la réglementation française actuelle (RE2020 non applicable en rénovation, mais utilisée comme référence) et les critères des aides publiques :



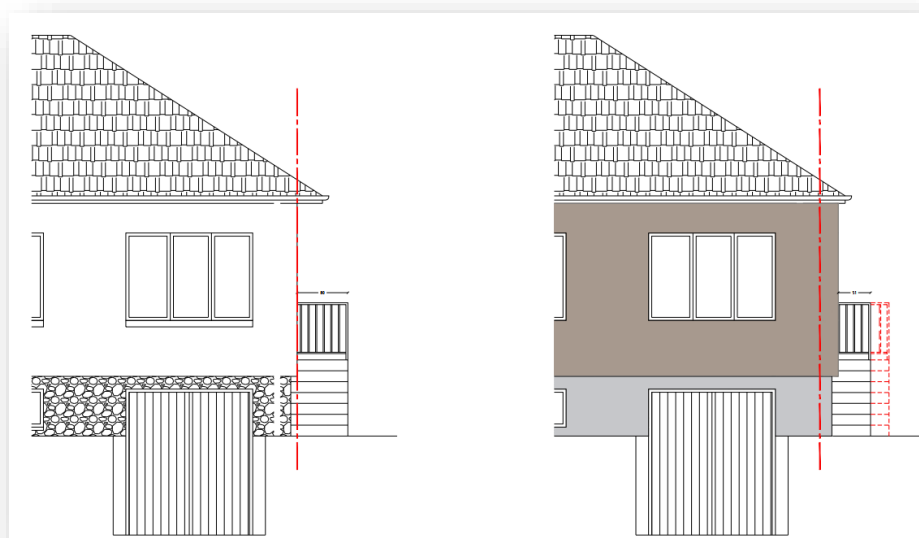
Élément	Valeur minimale à respecter
Uw (coefficient de transmission thermique de la fenêtre)	$\leq 1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (voire $\leq 1,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ selon contexte)
Sw (facteur solaire, en neuf ou en rénovation avec vitrage)	$\geq 0,30$ (en général, pour fenêtre au sud)
Ug (vitrage seul)	$\leq 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$

### Déclinaison 3.3.2 Conservations des menuiseries et ajout de volets roulants.

**Étanchéité** : vérifier l'état des joints, la présence de grilles de ventilation intégrées, de rupteurs thermiques.

#### 7.2.6. Risque de perte d'usage (rétrécissement de l'escalier, du balcon, perte de surface...)

### Déclinaison 3.4.1 - Rétrécissement de l'unité de passage de l'escalier et du balcon



**Figure 28** – Risque perte usage après application du complexe ITE en façade

En rénovation de maison individuelle, lorsqu'on applique une isolation thermique par l'extérieur (ITE), il n'existe pas d'obligation généralisée de mise en accessibilité, sauf cas particuliers. Mais il faut respecter le principe de non-aggravation des

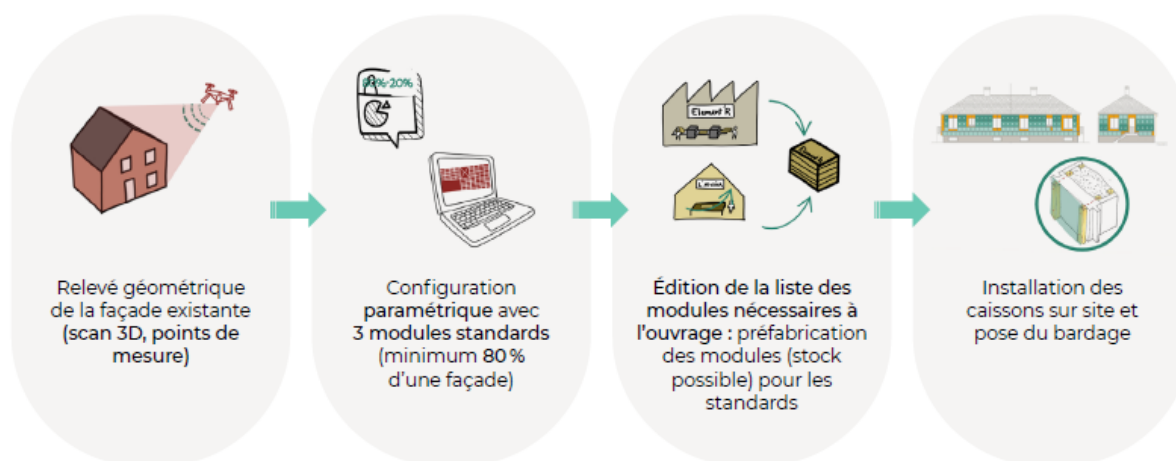
conditions d'accessibilité existantes. Il est nécessaire de vérifier que les largeurs minimales restent conformes aux exigences de la réglementation accessibilité ou à minima aux largeurs à l'existant. Ceci pouvant impacter les cheminements extérieurs et les balcons.

Bien qu'un coffrage latéral en béton puisse être imaginé, pour rester dans la logique de la solution préfabriquée Elément'R, nous pouvons imaginer un principe de rallonges latérales sur une structure existante.

## 8. CONDITIONS DE FABRICATION

Les caissons sont fabriqués en atelier ou en unité de production par des entreprises ou des artisans, puis posés directement sur la façade à rénover.

La standardisation de leur taille permet une fabrication anticipée, réalisée en temps masqué ou durant des périodes moins chargées, afin de constituer un stock. Cela permet d'optimiser les coûts ainsi que les délais de préfabrication en atelier.



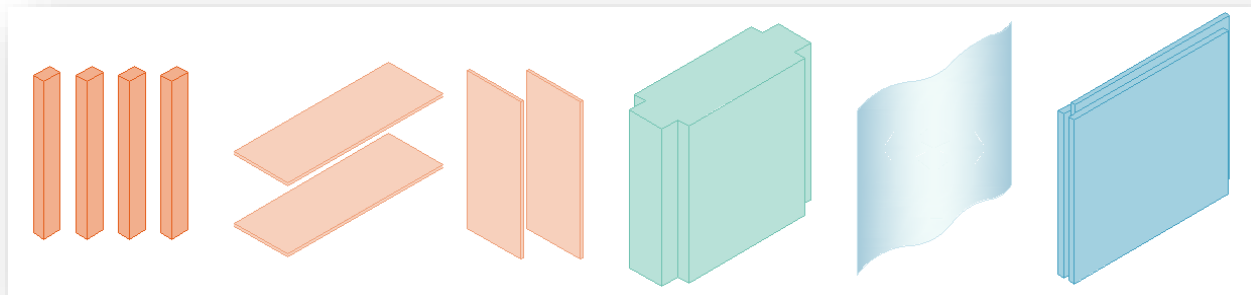
**Figure 29** – Schéma du principe général de production

La fabrication des modules pourrait à terme être confiée à un grand nombre d'acteurs :

- Charpentiers, bardeurs, ouvriers spécialisés dans les ateliers ;
- Atelier de préfabrication, petits ou moyens sites de production ;
- Ou des micro-unités de production mobiles par des artisans à des coûts encore élevés ;
- Les items sont à l'étude pour qualifier ces différences de coûts.

Il s'agira de mieux qualifier les coûts de revient en micro-production en super local par des artisans (coûts de production plus élevés car volumes plus faibles et moindre mécanisation) et production à une échelle départementale ou régionale dans des usines / ateliers industriels mieux équipés avec des coûts de revient plus faibles, avec des artisans concentrés sur la qualité de pose.

### **Guide de fabrication des éléments standardisés**



**Figure 30** – Axonométrie des composants d'un caisson type

La face avant des caissons est composée d'un panneau faisant office de pare-pluie rigide en fibre de bois. L'avantage d'utiliser un produit faisant 60 cm de largeur, réside dans l'économie d'une opération de découpe dans le sens de la largeur.

La structure du caisson est composée de poutres en « C », constituées d'un panneau OSB et de deux montants. Bien que cette composition ne soit pas traditionnelle, sa simplicité et l'usage d'éléments standards du commerce permettent d'envisager facilement une fabrication industrialisée, notamment en partenariat avec des acteurs comme France Poutres (fabricant français de poutres en I en bois et fournisseur de solutions constructives bois).

#### **Différents contrôles fabrication seront appliqués :**

- Contrôle qualité et quantité des bois et modules à la réception ;
- Contrôle taille, qualité, quantité et étiquetage des modules fabriqués ;
- Contrôle des gabarits ;
- Contrôle des équipes de contrôles, de mesures et d'essais.

Les caissons de la solution Elément'R sont de petites dimensions. Leur colisage ne présente en soi aucun problème. Au sortir d'usine, ils seront stockés sur des camions

permettant un transport conforme au gabarit routier d'usage en France (notamment les 2,55 m de largeur et les 4,00 m de hauteur).

Toute spécificité d'accès au site – qu'il s'agisse d'une question de gabarit ou de charge admissible – sera préalablement identifiée au moment du lancement de l'opération. Le cas échéant, le colisage des panneaux de façade sera adapté.

**Contrôle :**

- Contrôle de l'adéquation entre le panneau, sa fiche de pose (qui indique les dimensions, les points de fixation, l'orientation, les références) et le logement réhabilité.
- Contrôle du taux d'humidité des modules à la réception : pour éviter tout risque de déformation ou de dégradation, les caissons doivent présenter un taux d'humidité conforme aux normes en vigueur pour les éléments bois ou biosourcés. Ce contrôle s'effectue à l'aide d'un humidimètre pour le contrôle de l'humidité en surface, ou via une méthode de séchage et pesées successives pour tester l'humidité à cœur, sur un échantillon représentatif du lot.
- Contrôle des dimensions des modules : il s'agit de vérifier que les longueurs, largeurs et épaisseurs des modules correspondent aux plans d'exécution. Un écart de tolérance peut être admis, mais il doit rester dans les limites prédéfinies. Ce contrôle peut se faire en atelier (en fin de fabrication) et à la réception sur site.

**Assistance technique :**

Lors d'une fabrication des modules par une entreprise spécialisée dans la fabrication d'ossatures bois, l'entreprise pourra apporter, sur demande, son assistance technique. Si l'entreprise n'est pas formée, alors une formation est prévue au démarrage du chantier et formalisée par une attestation nominative.

De même, concernant la pose, si celle-ci n'est pas réalisée par l'entreprise, cette dernière pourra apporter son assistance technique.

## 9. MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de la solution nécessite quelques étapes préalables, notamment une liste de diagnostics structurels, concessionnaires, etc. Ces éléments sont détaillés au chapitre 5 du présent document.

Prise en compte des projets, besoins et contraintes des propriétaires et occupants : réagencements intérieurs, agrandissement, surélévation, adaptation de la maison à un ensemble de spécificités et de contraintes : la solution Élément'R proposera plusieurs gammes et épaisseurs d'isolants et de revêtements de façade afin de proposer des gammes de prix variés.

### 9.1. Phasage

**Lot menuiseries vient en premier puis lot ITE mur.** En installant les menuiseries en premier, on assure une mise en œuvre soignée des seuils, appuis et raccords avec le gros œuvre. Cela permet de garantir une bonne étanchéité à l'air et à l'eau avant d'envelopper le bâtiment.

Une fois les menuiseries en place, l'ITE peut être rapportée autour avec des systèmes de tapées d'isolation, tableaux isolés, bavettes, etc. Cela permet d'assurer la continuité de l'isolation sans pont thermique et d'éviter des découpes ou reprises complexes autour des baies.

Pour plusieurs raisons techniques et esthétiques, il conviendrait de favoriser un phasage où les menuiseries sont changées avant la pose de ITE et du bardage. En posant d'abord les fenêtres, on peut ensuite traiter soigneusement les raccords entre l'ITE et les menuiseries, ce qui améliore l'étanchéité à l'air et à l'eau, et évite les ponts thermiques autour des cadres. L'ITE viendra recouvrir les tapées d'isolation ou les habillages des dormants, assurant une finition plus propre et durable.

Néanmoins, la bonne mise en œuvre du lot ITE mur suppose que l'ensemble des préconisations mise en œuvre du lot menuiseries préalablement mise en œuvre aient été respectées.

Le traitement de l'interface est réalisé par l'artisan qui intervient en deuxième, sous réserve que les éléments nécessaires à l'atteinte de la performance globale aient bien été respectés par l'artisan qui intervient en premier.

## 9.2. Première étape Lot MENUISERIES

### 9.2.1. Conditions minimales lot menuiseries

#### 9.2.1.1. Température extérieure et ensoleillement

La pose ne doit pas être réalisée en dessous de +5 °C ni au-dessus de +35 °C. Les températures trop basses peuvent compromettre la tenue des mastics, colles, calfeutrements et l'étanchéité à l'air.

Pour les calfeutrements de joints : selon les indications du produit, dans les cas courants, température d'intervention supérieure à 5 °C. À l'inverse, en cas de forte chaleur, éviter la pose en plein soleil pour éviter la déformation des profils, en particulier PVC.

Éviter les interventions en plein ensoleillement direct, surtout en été, sur les surfaces sombres ou sensibles à la dilatation. Il est conseillé de travailler à l'ombre ou aux heures les plus fraîches de la journée pour éviter les dilatations thermiques lors de la pose.

Les travaux devront être réalisés hors gel, avec une température ambiante stabilisée pendant et après la pose (notamment pour les scellements).

#### 9.2.1.2. Humidité / Pluie

Ne pas poser les menuiseries sous pluie, en forte humidité ou en atmosphère saturée d'humidité. Ces conditions peuvent nuire à la qualité de l'adhérence des produits d'étanchéité (mastic, membranes, bandes adhésives) et à la tenue mécanique des fixations. Prévoir la protection des zones de pose et des produits avant et pendant l'intervention.

#### 9.2.1.3. Vent

En cas de vent fort, surtout en hauteur, l'intervention peut devenir dangereuse pour les opérateurs et compromettre la bonne mise en œuvre. La mise en place et le calage des menuiseries doivent être réalisés dans des conditions de vent modéré (< 40 km/h en général).

#### 9.2.1.4. Conditions complémentaires

L'environnement immédiat (sols, seuils, supports) doit être sec, propre et stable. La surface d'appui doit être plane, saine, exempte de poussière, d'huile ou de particules friables.

#### *9.2.1.5. Approvisionnement*

Cheminement accessible et absence d'excavations. Vigilance lors de la manutention des menuiseries par rapport aux possibles détériorations

#### *9.2.1.6. Acceptation du gros œuvre*

##### *9.2.1.6.1. Vérification de l'état du support*

Le support (mur, tableau, appui, linteau) devra être sec, propre, sain, stable et exempt de toute matière friable (poussière, laitance, enduits non adhérents, etc.). Toute irrégularité ou défaut structurel observable devra être signalé au maître d'œuvre avant la pose.

#### *9.2.1.7. Règles de planéité*

- Vérification de la planéité des tableaux selon les tolérances admissibles (règle de 2 m : flèche  $\leq 5$  mm) ;
- Vérification de l'aplomb, du niveau et de l'équerrage des baies ;
- Contrôle de la profondeur et régularité des appuis et rejingots.

#### *9.2.1.8. Essais et tests préalables*

Réalisation de tests d'adhérence ou de fixation ponctuelle selon les prescriptions du système de pose.

#### *9.2.1.9. Remise en état du mur support*

L'entreprise devra reprendre les éventuelles fissures, boursouflures, trous ou marques d'usure pouvant compromettre l'étanchéité ou la stabilité des menuiseries. Les surfaces devront être planées et alignées, notamment sur les zones de calfeutrement, de pose de tapées ou de bandes d'étanchéité.

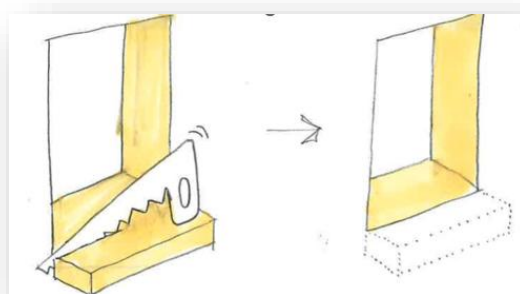
#### *9.2.1.10. Tolérances admissibles*

Les tolérances de planéité doivent respecter les exigences du DTU 36.5 (Menuiseries extérieures) ou autres normes en vigueur.

#### **Supports :**

- Tolérance planéité : maxi 10 mm sur toute la hauteur et toute la largeur de la baie ;
- Tolérance planéité verticale et horizontale : maxi 3 mm en tout point sur la hauteur de la règle de 20 cm ;
- Si à l'existant le mur support ne respecte pas ces critères, un redressement sera à effectuer par un maçon.

### 9.2.1.11. \* Option : sciage des appuis existants

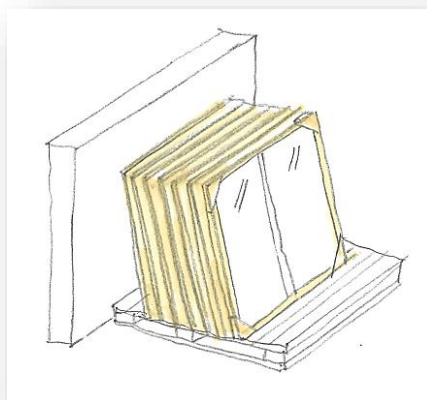


**Figure 31** – Schéma de la découpe des appuis de fenêtre en surplomb

Le sciage des débords d'appuis de fenêtre devra être net, précis, sans éclatement des matériaux adjacents (béton, brique, pierre...). L'utilisation d'outils adaptés est obligatoire (scie à disque, disque diamanté, scie murale), avec aspiration des poussières si possible. Le sciage sera réalisé sans atteinte à la structure porteuse. Intervention uniquement par des opérateurs qualifiés et habilités. Respect des consignes de sécurité collective (signalisation, EPI, plan de prévention si en site occupé).

## 9.2.2. Logistique et équipements

### 9.2.2.1. Stockage et transport des menuiseries déposées



**Figure 32** – Schéma du stockage correct des menuiseries

Les éléments déposés (battants, dormants, vitrages, quincaillerie, etc.) devront être évacués ou stockés selon leur destination (filière de réemploi ou recyclage). En cas de réemploi, le stockage sur place ou en dépôt des éléments identifiés devra comprendre des cales et les protections adaptées.



Les vitrages neufs seront protégés par un film plastique ou une feuille de mousse pour éviter les rayures. Le stockage se fera sur palette à la verticale. Les menuiseries bois devront être entreposées dans un environnement sans humidité excessive, avec contrôle ponctuel pour éviter moisissure, gonflement ou déformation. Les menuiseries métalliques devront être hors contact avec le sol, et protégées contre la condensation (prévoir cales et ventilation).

Le transport devra s'effectuer dans des véhicules fermés ou bâchés, avec des moyens de calage antichocs et protection contre l'humidité pour éviter toute détérioration ou pollution des matériaux. Les fenêtres doivent être protégées contre les chocs durant le transport par des moyens tels que bracelets, sangles, couvertures, et cales. Elles doivent être arrimées lors des transports.

Il est recommandé de porter les fenêtres à deux pour assurer une bonne prise en fonction du poids.

#### *9.2.2.2. Description des matériaux utilisés*

##### **Matériaux de fixation :**

- Acier galvanisé ou inoxydable : pour vis, chevilles, équerres et pattes de fixation (résistant à la corrosion, adapté aux zones humides ou extérieures) ;
- Chevilles nylon ou métalliques : selon la nature du support ;
- Résines de scellement chimique (époxy, polyester, vinylester) : pour ancrages sur supports non porteurs ou dégradés.

##### **Matériaux de calage :**

- Cales PVC rigides ou bois dur traité : pour assurer le bon positionnement (mise à niveau, alignement, transmission de charge) ;
- Cales de vitrage en polypropylène : résistantes à l'humidité, conformes aux DTU.

##### **Matériaux d'étanchéité :**

- Bandes pré-comprimées : mousse imprégnée pour étanchéité à l'air et à l'eau ;
- Mastics élastomères :
  - o Silicone neutre (façade ou sanitaire) pour les zones exposées,

- Polyuréthane ou MS polymère : très bonne adhérence, compatible avec de nombreux matériaux (PVC, alu, bois, béton...).
- Membranes d'étanchéité (pare-vapeur intérieur / pare-pluie extérieur) :

Généralement en EPDM, PVC armé ou polyoléfines, avec collage au support par adhésif ou colle acrylique.

### **Produits isolants complémentaires :**

- Si possible à éviter : mousse polyuréthane expansive à faible pression : pour complément d'isolation périphérique (ne doit pas se substituer à un traitement d'étanchéité) ;
- Feutre de laine minérale ou bande de mousse résiliente PE : pour calfeutrement acoustique.

### **Habillages et profils de finition :**

- Aluminium laqué : pour bavettes, couvre-joints, rejingots rapportés, appuis de fenêtre ;
- Bois traité classe 4 : pour tapées d'isolation, tableaux intérieurs, selon exigences esthétiques ou environnementales.

#### **9.2.2.3. Accessoires liés à la dépose des menuiseries existantes**

L'entreprise devra prévoir les accessoires nécessaires à une dépose propre et sécurisée, notamment :

- Outils de dépose manuelle : pieds-de-biche, scies oscillantes, tournevis, pinces, etc.
- Équipements de protection des ouvrages adjacents : bâches, films plastiques, contreplaqués, couvertures d'angle ;
- Moyens de protection individuelle (EPI) : gants, lunettes de sécurité, casque, masque anti-poussière, etc. ;
- Système de calage et d'emballage pour les éléments stockés : palettes, sangles, mousses, marquage par code ou étiquette si inventaire de réemploi ;
- Conteneurs ou bennes de tri pour les déchets séparés par nature.

#### *9.2.2.4. Accessoires liés à la pose des nouvelles menuiseries*

L'entreprise devra prévoir tous les accessoires nécessaires à une pose conforme, durable et performante des nouvelles menuiseries. Ils devront être compatibles avec le type de menuiserie, le support et les performances attendues (étanchéité, thermique, acoustique, sécurité...).

##### **Accessoires de fixation :**

- Étriers, vis, chevilles, pattes de fixation : adaptés à la nature du support (béton, brique, bois, parpaing...). Les fixations devront être conformes au DTU 36.5 ou à l'Avis Technique des menuiseries ;
- Cales de pose (PVC ou bois dur, incompressibles) pour assurer l'alignement et le nivellement des menuiseries. Cales de vitrage : pour garantir le maintien du vitrage sans contrainte. Tous les calages devront être non déformables et résistants à l'humidité.

##### **Accessoires d'étanchéité :**

- Bande d'étanchéité pré-comprimée (type BG1/BG2) pour l'étanchéité à l'air et à l'eau ;
- Mastics d'étanchéité (silicone neutre, polyuréthane ou hybride) compatibles avec les supports et menuiseries ;
- Membranes d'étanchéité à l'air (intérieures/extérieures) si exigées par le niveau de performance ou dans les cas de pose en tunnel/feuillure ;
- Bande résiliente ou joints mousse pour traitement acoustique.

##### **Habillages et finitions :**

- Tapées d'isolation (bois, composite, aluminium) adaptées à l'épaisseur de l'isolant ;
- Habillages intérieurs et extérieurs : profils de finition, bavettes, couvre-joints, appuis de fenêtre rapportés ou rejingots ;
- Ces éléments doivent être résistants aux UV, à l'humidité et aux chocs.

##### **Quincaillerie complémentaire :**

- Visseries inoxydables ou traitées anticorrosion ;

- Équerres de renfort, pattes de liaison, si pose en façade ventilée ou structure secondaire.

### **Produits d'isolation complémentaire (si nécessaire) :**

- Mousse expansive à cellules fermées, uniquement en complément de bandes d'étanchéité ;
- Feutres isolants ou laines minérales pour traitement des tableaux ou linteaux.

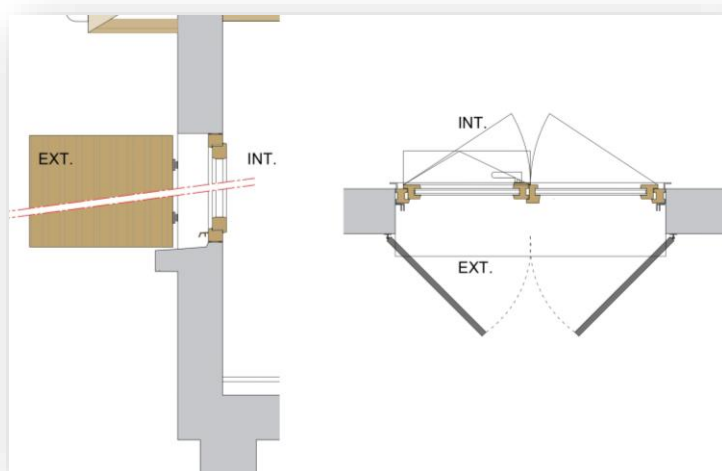
### 9.2.3. Les étapes principales de mise en œuvre

L'entreprise titulaire du lot de menuiseries devra procéder à la dépose complète des menuiseries existantes (battants, dormants, habillages, accessoires, quincaillerie, etc.). Un repérage préalable devra être effectué, un relevé précis des menuiseries à déposer devra être effectué avant tout démarrage. Ce repérage tiendra compte des spécificités de chaque ouverture et des éventuelles particularités techniques (type d'ouvrant, d'éléments intégrés, etc.). L'entreprise devra mettre en place toutes les protections nécessaires (bâches, films, contreplaqués, etc.) pour éviter toute dégradation des ouvrages conservés (murs, sols, plafonds, doublages, seuils, appuis, etc.).

Les nouvelles menuiseries seront disposées en tableau, au nu extérieur du support existant.

#### 9.2.3.1. Dépose soignée des menuiseries existantes

La dépose devra être réalisée manuellement ou par des moyens mécaniques adaptés, sans choc ni arrachement, de façon à ne pas endommager les supports existants.

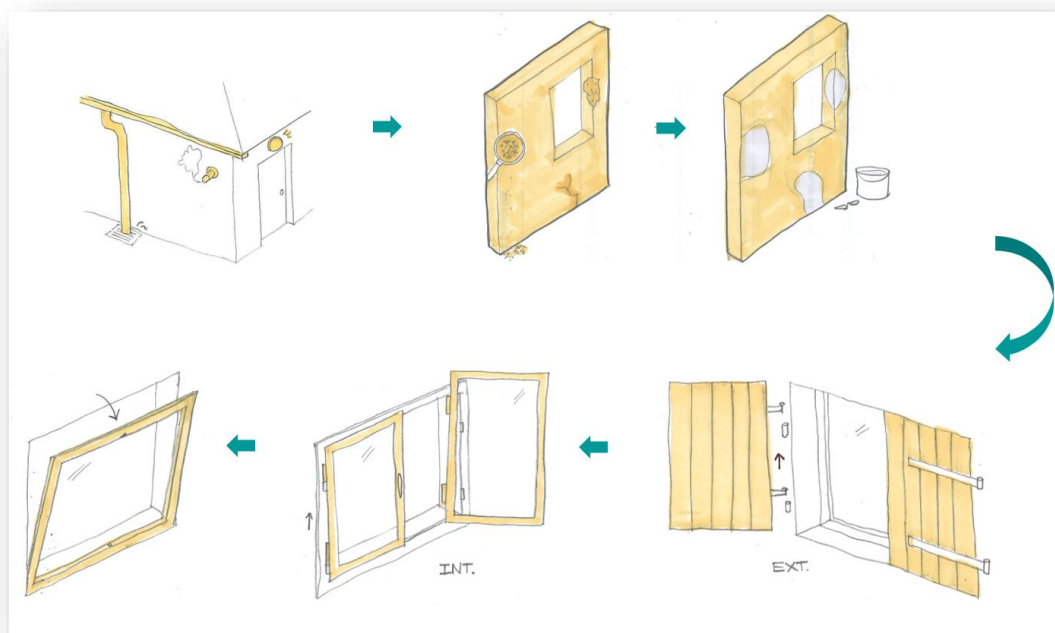


**Figure 33** – État initial avant changement des fenêtres

- 1) Dépose des volets battants ;
- 2) Découpe ou dévissage des gonds des volets battants ;
- 3) Sciage des appuis de fenêtre en débord ;
- 4) Dépose des ouvrants et quincailleries ;
  - 4.1. Retrait des ouvrants en premier lieu, sans forcer les systèmes de rotation ou de translation. En cas de menuiseries anciennes ou déformées, dégrippage ou découpe ponctuelle des paumelles ou charnières,
  - 4.2. Démontage méthodique des ferrures : crémones, poignées, compas, paumelles, gonds,
- 5) Dépose des dormants : découpe éventuelle (scie sabre, scie oscillante), arrachage sans dégradation des tableaux ;
  - 5.1. Si le dormant est cloué, scellé ou chevillé profondément dans le mur, une découpe en plusieurs tronçons est recommandée,
  - 5.2. Découpe aux angles pour créer une zone d'extraction sans tension excessive,
  - 5.3. Extraction des tronçons découpés,
  - 5.4. Élimination des anciens joints mastic ou mousse expansée.
- 6) Reconstitution de rejingot et calfeutrement.

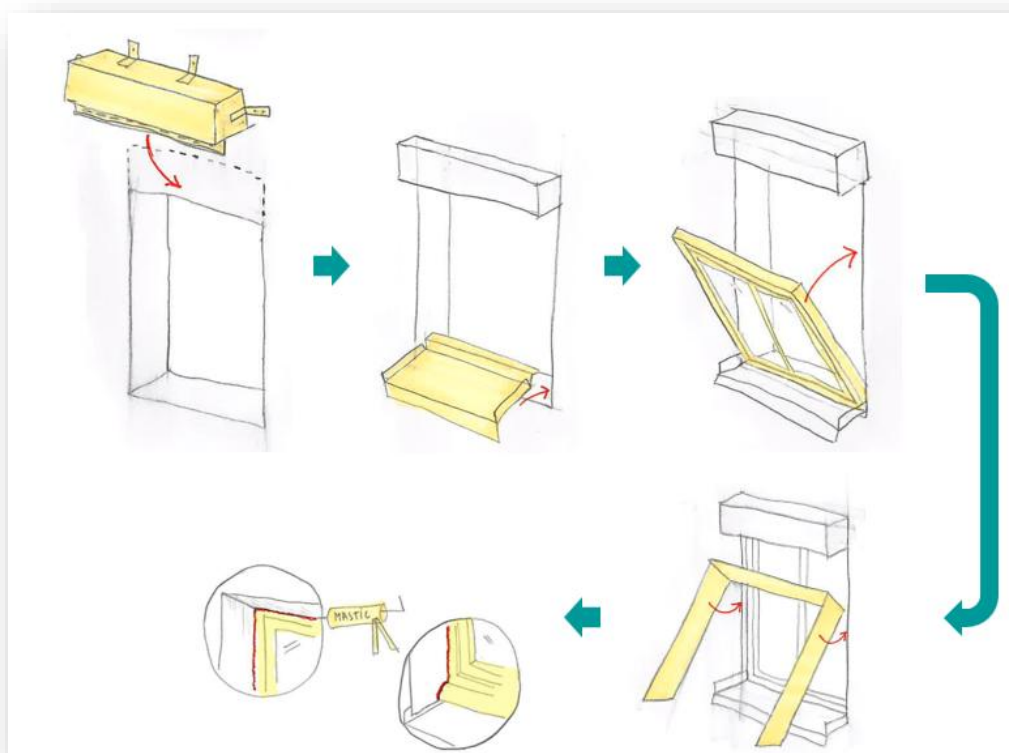
### **Gestion des déchets et éventuelles conservations :**

Tous les éléments déposés devront être triés et évacués (équipement, menuiseries, volets battants...). Le gisement pourra être envoyé vers des plateformes de réemploi. Le cas échéant, celui-ci sera acheminé vers les filières de recyclage agréées. Un bordereau de suivi des déchets devra être fourni.



**Figure 34** – Schéma des étapes principales de dépose des fenêtres existantes

#### 9.2.3.2. Pose des nouvelles menuiseries



**Figure 35** – Schéma des étapes principales de pose des nouvelles fenêtres

- 7) Sciage des appuis existant à la disqueuse ;
- 8) Tolérance du support avant intervention : vérification du trait de niveau ;
- 9) Mise en place du volet roulant avec des équerres ;
  - 9.1. Positionner le coffre du volet roulant et marquer les points de perçage pour le coffre,
  - 9.2. Percer les trous, insérer les chevilles,
  - 9.3. Vérifier l'équerrage et l'aplomb avec un niveau,
  - 9.4. Fixer le coffre en haut. S'assurer qu'il est bien horizontal,
  - 9.5. Raccordement (si volet électrique). Percer un passage pour le câble d'alimentation.
- 10) Calfeutrement des coffres de volets roulants ;
- 11) Mise en place des menuiseries : pose en tableau (tunnel) au nu extérieur du mur support ;
  - 11.1. Découpe des débords, appuis de fenêtres en fonction du scénario de calepinage de caissons retenu,
  - 11.2. Pièce d'appui :
    - Cas de pose sur appui de baie existant sans rejingot et pièce d'appui non conservée,
    - Ou cas de pose sur dormant existant conservé
  - 11.3. Pose à blanc pour vérification,
  - 11.4. Avant la pose des menuiseries, l'étanchéité de l'appui maçonné peut-être réalisé : calfeutrement par joint (mousse) et mastic
  - 11.5. Mise en place définitive : calage d'assise, mise à niveau, aplomb et alignement. Positionner les nouvelles menuiseries en tunnel au nu extérieur des maçonneries existantes.

Percement des fixations par le haut, puis serrages
  - 11.6. Calfeutrement : sous la pièce d'appui.
- 12) Traitement de l'étanchéité ;
  - 12.1. Pose de bandes comprimées ou mastic en périphérie extérieure (résistant aux UV),

12.2. Étanchéité intérieure à l'air par mastic souple ou membrane.

13) Calfeutrement et finitions ;

13.1. Pose d'isolant complémentaire éventuel dans les vides périphériques.

#### 9.2.4. Points d'attentions

##### **Points d'attention pour la mise en œuvre du lot menuiseries :**

Déclaration préalable de travaux en mairie, notamment si changement d'aspect en façade :

- Choix et conservation de l'aspect extérieur : important en site classé, secteur ABF ou copropriété (nombre de vantaux, teinte des montants...) ;
- Fixation mécanique conforme au DTU 36.5 ou aux prescriptions de fabricant. Types de tests possibles : patte contre coudée, patte à scellement, patte équerre...+ vis 6 mm minimum. Vigilance quant à la répartition des fixations ;
- Verticalité de l'axe de la fenêtre ;
- Conformité réglementation thermique en vigueur (si applicable, exemple, pour le cas où la solution serait utilisée en marché public) ;
- Matériau choisi (bois, alu, PVC, mixte) : compatibilité avec le bâti existant et les performances visées ;
- Type de pose adaptée : vérification de l'alignement des baies en bande verticales et/ou horizontales : respecter un décalage minimum de 5mm à l'axe de la baie ;
- Étanchéité à l'air et à l'eau : vérifier la bonne mise en œuvre des joints (Compriband, mousse PU, mastic, bavette...) pour éviter les ponts thermiques ou infiltrations. Aucun percement ne doit être effectué dans les parties basses susceptibles de recevoir de l'eau (dormant, ouvrant). ;
- Vérification de la tolérance admise quant à la planéité des ouvertures et appuis de fenêtre.

##### **Points d'attention en préparation/anticipation du lot ITE mur :**

- Appui de baie : les largeurs des rejingots des fenêtres sont de 40 mm mini, 25 mm mini de hauteur et une pente à 10 % ;



- Débord de l'isolant à anticiper pour garantir un recouvrement correct autour des menuiseries. Habillages et bavettes à prévoir autour des baies (tableaux, appuis de fenêtres, rejingots...). Raccords étanches entre ITE et menuiseries : interface à traiter avec soin pour éviter les ponts thermiques ou infiltrations ;
- Dépose des éléments rapportés (descentes EP et garde-corps, volets battants).

#### 9.2.5. Points singuliers

RAS

#### 9.2.6. Réception de l'ouvrage fini

La réception des nouvelles fenêtres interviendra après la pose complète de l'ensemble des menuiseries concernées par le présent lot. Elle portera sur les points suivants :

- Conformité des produits installés avec les prescriptions du CCTP et les documents d'exécution validés (plans, fiches techniques, PV d'essais, marquage CE ou QB, etc.) ;
- Qualité de la pose : respect des règles de l'art, parfaite étanchéité à l'air et à l'eau, fixations conformes aux prescriptions, traitement des points singuliers ;
- Aspect des menuiseries : absence de défauts visibles (rayures, chocs, mauvais alignements, etc.), propreté, bon fonctionnement (ouverture, fermeture, verrouillage) ;
- Intégration aux supports existants ou neufs : conformité des reprises d'étanchéité, calfeutrements, appuis, habillages intérieurs et extérieurs ;
- Réglage final des quincailleries : régler le jeu entre ouvrant et dormant afin d'obtenir un écart de  $\pm 1\text{mm}$  par rapport à sa cote nominale, le cadre ouvrant servant de référence ;
- Vérifier le bon fonctionnement en ouvertures, fermetures et verrouillages ;
- Vérification des performances annoncées (thermiques, acoustiques) par contrôle documentaire ;
- Aucune fenêtre ne pourra être considérée comme réceptionnée si elle ne répond pas à l'ensemble des exigences ci-dessus.

### 9.2.7. Entretien et usage

Le changement des menuiseries devrait demander moins d'entretien que les anciennes menuiseries en bois non traitées ou mal protégé. Néanmoins il peut être utile de sensibiliser les usagers ou gestionnaires au bon usage des nouveaux équipements en établissant un protocole d'entretien :

- Nettoyage régulier (vitrage, joints, cadres) ;
- Vérification des systèmes de fermeture, des joints d'étanchéité et des grilles de ventilation intégrées ;
- Lubrification ponctuelle des paumelles et quincaillerie (notamment sur les ouvrants oscillo-battants) ;
- La nouvelle menuiserie est posée en tunnel sur la maçonnerie existante, afin de faciliter son démontage en cas de remplacement, sans nécessairement déposer l'isolant, et donc en garantissant la pérennité du complexe Elément'R (Cf. § 6.1).

## 9.3. Deuxième étape ITE MUR

### 9.3.1. Conditions minimales

#### 9.3.1.1. Humidité / Pluie

Humidité relative maximale recommandée : 80 %

Pas de pose sous la pluie ou sur support humide : Risques de défaut d'adhérence et risque de confinement d'humidité entre le mur et le caisson, pouvant altérer l'isolant ou le bois.

Le chantier s'il est réalisé une période de l'année sujette aux intempéries peut faire l'objet d'une protection bâchée.

#### 9.3.1.2. Vent

Éviter la pose par vents forts (> 40 km/h) : risque de chute de caissons pendant la manutention, difficulté de maintien en place pendant la fixation, et risques accrus pour la sécurité du personnel.

### 9.3.2. Conditions complémentaires

Prévoir un contrôle de visuel et/ou via un humidimètre à pointe de l'hygrométrie en surface du mur existant, voire à la bombe à carbure si doute sur humidité résiduelle à l'intérieur du mur.

Propreté et planéité du support : Le mur support doit être propre, sain, sans traces de moisissures ou poussières, et présenter une planéité compatible avec le système de fixation.

Stockage préalable des caissons : À l'abri de l'humidité, des UV directs prolongés, sur cales pour éviter les remontées capillaires.

### 9.3.3. Acceptation du lot menuiserie

Conditions indispensables à vérifier par le lot ITE avant intervention :

**Acceptation préalable du lot menuiserie** : le lot ITE ne peut intervenir qu'après la réception partielle ou totale du lot menuiserie et le contrôle de la bonne mise en œuvre des menuiseries (mise à niveau, planéité, équerrage, calfeutrement, étanchéité).

#### **Respect des interfaces et finitions prévues :**

- Présence des bavettes, rejingots ou autres dispositifs nécessaires ;
- Conformité des tapées d'isolation prévues (suffisamment dimensionnées pour recouvrir l'isolant extérieur) ;
- Absence de défauts ou désordres visibles pouvant compromettre la jonction (déformation, mauvaise fixation, etc.).

**Calfeutrement intermédiaire** : contrôle de la réalisation du calfeutrement provisoire ou définitif entre dormant et gros œuvre (ex : mousse PU, fond de joint, mastic), afin d'assurer une première barrière à l'air/eau avant intervention de l'ITE.

**Planification de la coordination inter-lots** : organisation d'un point de coordination entre les lots menuiserie et ITE pour valider :

- les cotes de réservation ;
- les modalités de traitement des tableaux, appuis, linteaux ;
- l'ordre d'intervention (notamment si les appuis ITE sont intégrés aux menuiseries).

### 9.3.4. Acceptation du gros œuvre

#### 9.3.4.1. Vérification de l'état du support

Propreté du support : absence de poussière, salissures grasses, mousse, peinture ou ancien revêtement non adhérent.

Cohésion : pas d'effritement, d'écaillage ou de matériaux instables. Un test de grattage ou d'arrachement peut être réalisé.

Fissures : repérage des fissures. Les fissures actives doivent être traitées avant la pose. Les fissures inertes peuvent parfois être pontées par le système ITE.

Humidité : le support ne doit pas être humide ou suintant (pas d'infiltration en façade). Un test d'humidité peut être nécessaire (ex : test au carbure).

#### 9.3.4.2. Règles de planéité

Système fixé mécaniquement : plus tolérant, mais idéalement  $< \pm 1,5$  cm sur 2 mètres.

Correction : si la planéité n'est pas conforme, il faut prévoir un ragréage ou un calage (dans le cas de fixations mécaniques avec chevilles à rosace, par exemple).

#### 9.3.4.3. Essais et tests préalables

Test d'adhérence, essai de cohésion (grattage), test d'humidité.

### 9.3.5. Tolérances admissibles (récapitulatif)

Critère	Valeur de tolérance admise
Planéité (système collé)	$\pm 1$ cm sur 2 m
Adhérence (traction)	$\geq 0,25$ MPa
Teneur en humidité	$\leq 5$ % en masse (à adapter selon DTU)
Cohésion superficielle	Aucune désagrégation sous grattage

### 9.3.6. Acceptation du lot ITE - MUR

Vérifier la résistance des matériaux porteurs (béton, brique, pierre, parpaing, etc.).

Valider la compatibilité d'un type de cheville ou de fixation avec le support réel.

Effectuer des tests d'arrachement selon le cahier CSTB 1661 v2.

Vérification et remise en état du mur support, reprise des éventuelles fissures, marques d'usure sur les murs.

Mise en place d'une fixation test (cheville, vis, scellement chimique, etc.) dans le support réel.

### 9.3.7. Logistique et équipements

#### 9.3.7.1. *Préalable : scan 3D des façades existantes*

Prévoir un scan 3D de la façade (avant changement des menuiseries) pour anticiper la commande de matériel pour la réalisation des caissons standards et sur mesure.

### 9.3.8. Stockage et transport des caissons

Les caissons bois isolés destinés à l'ITE doivent être manipulés, transportés et stockés avec précaution afin de préserver leur intégrité structurelle et thermique. Préparation des éléments : avant chargement, prévoir un repérage clair (code couleur, numérotation) pour faciliter la pose rapide, des cales, prévoir un bâchage hermétique si la remorque est exposée ou transport fermé.

Pendant le transport, ils doivent être solidement arrimés, protégés des intempéries par une bâche respirante, et disposés à plat avec des cales pour éviter toute déformation.

Le stockage sur site doit s'effectuer sur un sol stable et plan, avec des cales pour éviter le contact direct avec l'humidité du sol. Les éléments doivent être empilés dans le respect des recommandations du fabricant, à l'abri des UV et des intempéries prolongées, en veillant à maintenir une bonne ventilation entre les couches.

Une manutention adaptée, notamment à l'aide de sangles ou de chariots élévateurs, est essentielle pour éviter les chocs et torsions.

Le nombre de caissons standards varie en fonction de la typologie des maisons à isoler. Pour la **typologie B2.1, 170 caissons standards** sont nécessaires, représentant un volume de **22 m<sup>3</sup>**. En revanche, pour la typologie **B2.2, 225 caissons standards** sont requis, **soit environ 29 m<sup>3</sup>**.

Étant donné que les caissons sont légers, le poids ne constitue pas une contrainte. Un camion de 30 m<sup>3</sup> serait parfaitement adapté pour le transport. Cependant, pour la typologie B2.2, il serait préférable de privilégier un **camion de 40 m<sup>3</sup>**, afin de disposer d'une marge de sécurité et de pouvoir stocker également les caissons sur mesure.

#### *9.3.8.1. Description des matériaux utilisés*

##### **Matériaux de fixation :**

- équerres métalliques ;
- patte de fixation ;
- vis acier galvanisé.

##### **Matériaux d'étanchéité :**

La membrane d'étanchéité est comprise dans la composition des caissons.

##### **Produits isolants complémentaires :**

Certains espaces résiduels ne présentent pas toujours des dimensions compatibles avec la réalisation de caissons aux proportions « acceptables » c'est-à-dire dont le rapport hauteur/largeur justifierait la mise en œuvre d'une structure spécifique. Fréquemment situés à proximité des ouvertures, ces espaces seront traités par l'habillage des menuiseries. Dans l'idéal, l'isolant complémentaire utilisé pour ces zones sera également biosourcé.

##### **Habillages et profils de finition :**

Profil d'angle (métal ou bois en fonction du type de bardage) ;

- Profilés de finition en périphérie de fenêtres et portes (capots, caches, bordures, bavette) ;
- Grille anti-rongeur.

#### *9.3.8.2. Accessoires liés à la pose des caissons*

##### **Accessoires de pose et d'ajustement :**

- Aucun moyen de levage n'est requis ;
- Cales de réglage pour mise à niveau avant fixation définitive.

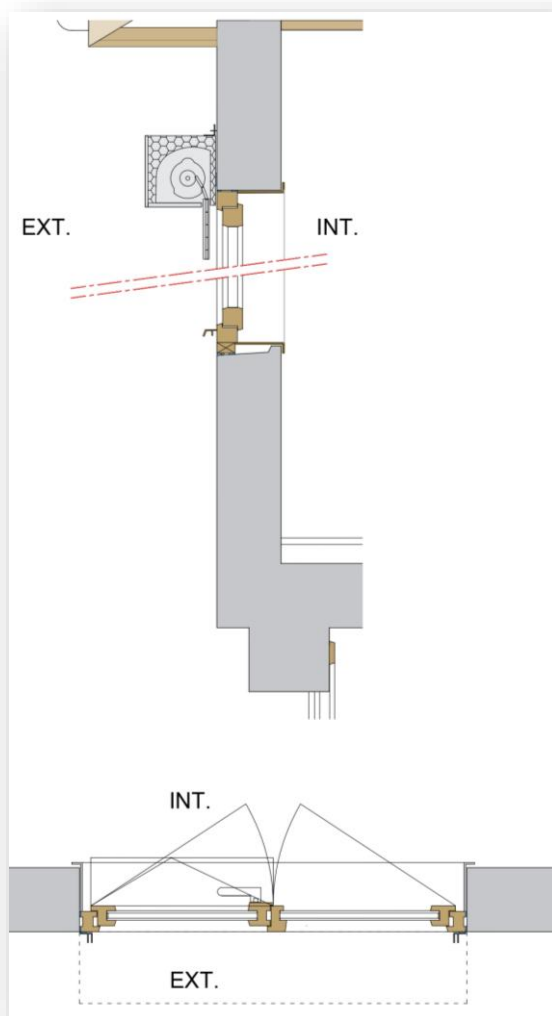
##### **Quincaillerie complémentaire :**

- Visseries inoxydables ou traitées anticorrosion ;
- Équerres de renfort, pattes de liaison, si pose en façade ventilée ou structure secondaire.

##### **Produits d'isolation complémentaire (si nécessaire) :**

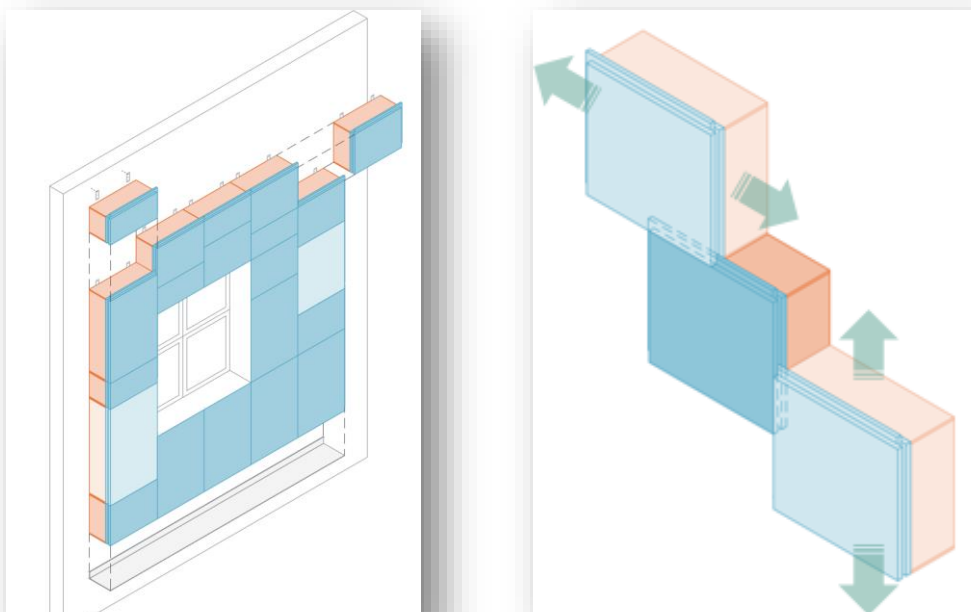
Feutres isolants ou laines de bois pour traitement des tableaux ou linteaux.

### 9.3.9. Les étapes principales de mise en œuvre des caissons Elément'R



**Figure 36** – État initial avant application du complexe ITE (appui supprimé)

- 1) **Pose des profilés de départ (équerre métallique basse à la paroi au niveau des plancher).** Cette équerre servira de support pour la première rangée de caissons et permet de garantir leur alignement horizontal ;
- 2) **Traçage et repérage de la répartition des caissons selon les plans fournis par le configurateur paramétrique ;**
- 3) **Mise en place des rangées de caissons.**



**Figure 37** – Axonométrie schématique d'un assemblage de caissons types

3.1. Mise en place de la première rangée de caissons ; ceux-ci présentent un désaffleurement des parties latérales en OSB pour accueillir les raidisseurs de l'équerre.

3.2. Superposition et emboîtement des caissons déjà isolés selon repérage. La pose des caissons s'effectue avec deux points de fixation visés en partie haute. Un point de vigilance sera apporté au bon encastrement des rainurés et languettes des panneaux de fermeture des caissons.

Par ailleurs, la membrane qui dépasse à l'arrière d'un caisson (ou module) doit être recouverte par la membrane du caisson adjacent, placé ensuite pour assurer la continuité sur toute la façade.

- 4) **Traitement de l'interface caisson - tableau de baie.** Prévoir un retour d'isolant dans les tableaux pour éviter les ponts thermiques. Calfeutrement et finitions, pose d'isolant complémentaire éventuel dans les vides périphériques.
- 5) **Pose des supports de bardage.** Les tasseaux doivent être fixés au niveau des montants structurels des caissons. Mise en place des linteau ou tasseau de bois : ossature verticale ou horizontale, simple ou double réseau de tasseau en fonction du revêtement souhaité.
- 6) **Pose de la grille anti-rongeurs.**

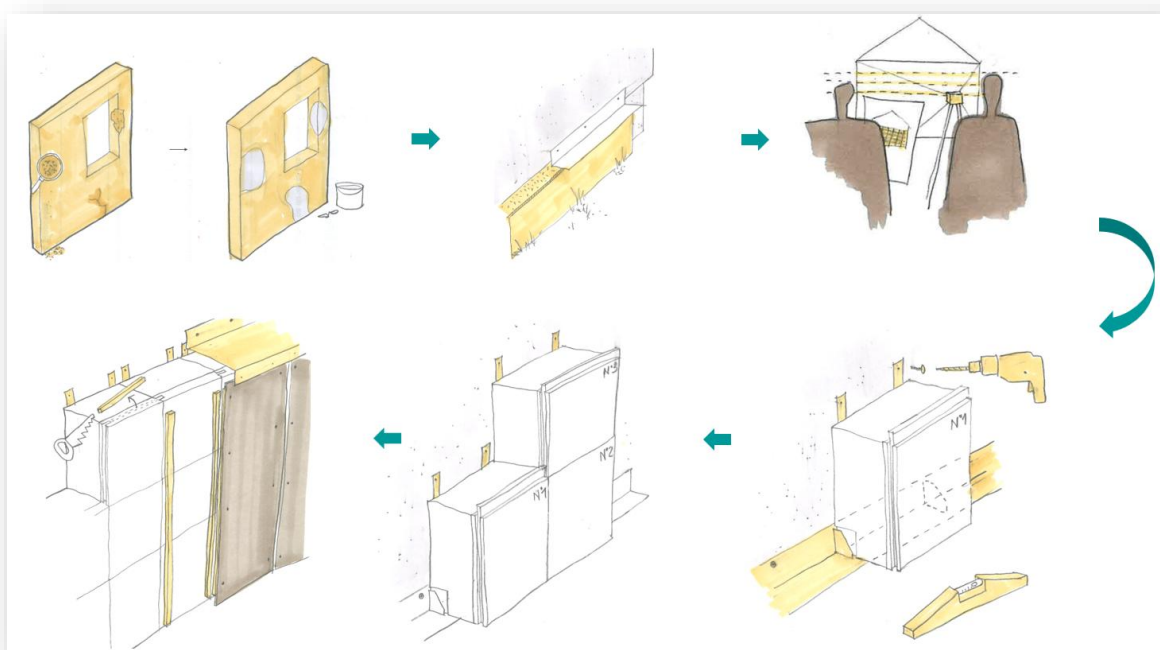


7) **Fixation bardage.** Fixation des lames de parement ou des plaques de parement avec vis inoxydables en respectant les alignements.

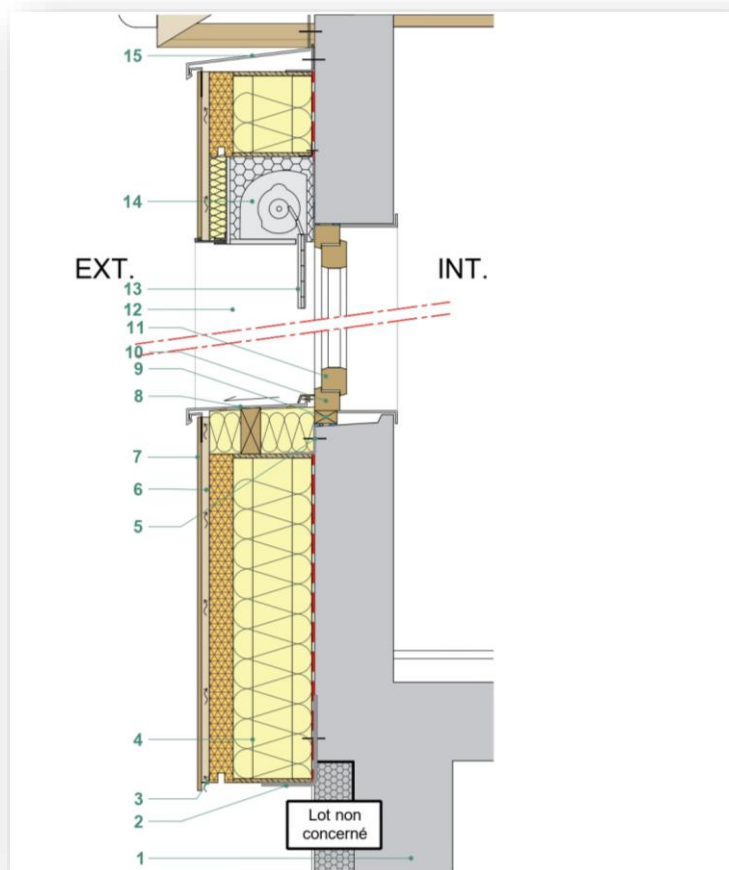
8) **Fixation pièces de finitions :** équerre en partie haute, jambages, bavette.

Fixation de l'équerre en partie haute : une fois le mur de caissons finalisé, pour éviter tout risque de déversement, la rangée de caissons supérieurs doit être fixée solidement à l'aide d'équerres métalliques fixées à la paroi du bâtiment.

9) **Raccordement et pose des équipements (gouttière, DEP, bouche d'extraction...).**



**Figure 38** – Schéma des étapes principale de mise en œuvre du complexe ITE



**Figure 39** – État final après charge des menuiserie et application du complexe ITE

### 9.3.10. Points d'attentions

Vigilance quant à la jonction rainurée languette en fibre de bois lors de l'assemblage du mur de caisson.

- Dépose des équipements en façade : gouttière, DEP, bouche d'extraction... et préparation des adaptations éventuelles (déplacement, regard...);
- Vérifier l'état des languettes après le transport. Si certains panneaux de fibre de bois sont détériorés et que la rainure est écrasée, il faut changer le panneau ;
- Avant la pose, inspecter chaque rainure et languette pour s'assurer qu'elles soient propres, sans poussière, copeaux ou résidus d'isolant qui pourraient empêcher l'emboîtement complet ;
- Des protections provisoires des modules seront appliquées en cas de forte pluie ;

- Vérifier régulièrement l'alignement vertical et horizontal des caissons, et plus généralement la planéité du mur de caissons ;
- S'assurer que le système rainure-languette doit être entièrement emboîté, sans jeu visible avant de fixer mécaniquement le caisson ;
- Respecter le nombre et l'écartement des fixations ;
- Respecter des espacements entre les lames pour permettre la dilatation naturelle du bois selon l'humidité ;
- Laisser un vide d'air ventilé entre les caissons et le bardage (au moins 20 mm), pose en quinconces des tasseaux à proscrire.

### 9.3.11. Points singuliers - Solution de référence

Traitement des points singuliers : nez de dalles, balcons, angles sortants/entrants, coffres de volets roulants...

#### **Caractéristiques des typologies de maisons étudiées**

- **Balcon** : Ces éléments, en saillie solidaires de la structure sont souvent sources de ponts thermiques importants. La pose rupteur thermique étant rendue compliquée en rénovation, il est possible d'imaginer un habillage du nez de dalle par le dessous pour diminuer le pont thermique.

La réduction de la largeur de passage due à l'application du complexe en façade extérieure nécessite, au niveau des escaliers, un prolongement des dalles béton afin de retrouver, à minima, la largeur de passage existante. Ce prolongement intègre un casse-goutte en sous face évitant infiltration d'eau entre ITE et dalle béton.

- **Escaliers** : L'escalier constitue une masse froide collée à la façade. Cependant l'escalier étant accolé au local du RDC non isolé, il a été décidé de ne pas isoler les marches, mais seulement habiller le limon ou des paliers s'ils sont solidaires du mur.

Néanmoins d'autres solutions peuvent être envisagées, par exemple dans le cas où le local du RDC serait chauffé : démontage temporaire de l'escalier, soit réalisation de réservations en attente lors de la pose de l'isolant en soubassement.

- **Appui fenêtre en débord** : La présence d'appui empêche la mise en œuvre d'un caisson Elément'R jusqu'à l'ouverture. S'il n'est pas scié, un complément d'isolant performant sera mis en œuvre et dissimulé par l'habillage de la fenêtre.

### **Interface lots mur et menuiseries :**

- Continuité de l'isolant entre l'ITE et les dormants des menuiseries : éviter tout pont thermique autour de la baie ;
- Mise en œuvre d'une étanchéité périphérique entre l'ITE et la menuiserie, souvent assurée par un cordon de mastic compatible support/ITE ou un fond de joint ;
- Pose de bavettes en partie basse (appuis) avec rejingot apparent ou reconstitué, y compris sur les menuiseries existantes si conservées ;
- Assurer un écoulement correct des eaux de pluie (pente des appuis, goutte d'eau, bavette rapportée... pas de stagnation) ;
- Gestion boîtier concessionnaire intégré ou en saillie : assurer une isolation autour du coffret concessionnaire et au besoin l'isolation ITI en complément sur le mur concerné ;
- Gestion des sorties réseau en façades (luminaires, ventouse de chaudière, points d'eau...) : les perforations perpendiculaires seront comprises entre les caissons, plutôt qu'au travers ;
- Dépose des équipements en façades : véranda, auvent... ;
- Cas d'une maison en partie rénovée : le traitement de l'ITE doit respecter les limites de propriété tout en assurant la continuité de l'isolation, sans empiéter sur le fonds voisin. Finition avec un profil d'arrêt ;
- Débord de toit peu important : une ITE épaisse peut dépasser l'aplomb du toit, exposant l'isolant aux intempéries : protection de l'ITE contre les intempéries (traitement de la tête de bardage) ;
- Vigilance quant au risque de pont thermique si l'ITE ne peut pas être correctement raccordée à l'isolant de toiture ;
- Rétrécissement de l'unité de passage de l'escalier et du balcon : anticiper l'élargissement de l'unité de passage.

### 9.3.12. Réception de l'ouvrage fini

#### **Contrôle réception et pose des modules :**

- Contrôle de la position et l'horizontalité de la cornière à la suite de la pose à l'aide d'un niveau laser ou à bulle afin d'assurer un appui homogène ;
- Contrôle de l'emboîtement correct des caissons ;
- Conformité des fixations utilisées : doivent être conformes aux prescriptions en termes de résistance mécanique, de diamètre, de longueur, de matériau et d'espacement. Un contrôle visuel couplé à une vérification documentaire (fiches techniques) permet d'attester de cette conformité ;
- Contrôle des modules : à la réception et avant pose, un examen visuel permet de détecter tout défaut pouvant compromettre la pose ou les performances thermiques (panneaux voilés, coins abîmés, éclats de surface, cintrage excessif). Les modules non conformes doivent être écartés ou reconditionnés ;
- Contrôle de l'aplomb de la structure posée : après pose, il est essentiel de vérifier que les modules sont bien verticaux (hors débord ou ressaut prévu). L'usage du fil à plomb ou d'un laser vertical permet de contrôler l'aplomb de la façade sur plusieurs hauteurs et d'anticiper tout défaut cumulé ;
- Contrôle du nombre et de la position des pattes équerre et éclisse : leur nombre, leur espacement et leur position doivent correspondre aux plans de calepinage.

Il est prévu de développer une extension/un plug-in associé au configurateur pour le suivi de chantier. En réception le logiciel configurateur vérifie la conformité de poses à la suite du montage.

### 9.3.13. Entretien et usage

Pour le bardage bois non traité, faire entretien régulier conseillé tous les 2 à 5 ans selon les produits en appliquant une lasure, huile, ou saturateur selon l'essence de bois et l'exposition.

Pour le reste, la solution ne nécessite pas d'entretien. Éventuellement en cas de dégradation, le bardage peut être remplacé.

## **10. COMPÉTENCES REQUISES**

La solution Élément'R a été conçue pour faciliter et massifier la réhabilitation. Comme expliqué dans le chapitre précédent, l'assemblage repose sur de simples emboîtements et un outillage courant, ce qui en simplifie grandement la mise en œuvre. Elle peut ainsi être installée par toute entreprise, qu'il s'agisse de bardeurs ou de charpentiers. On peut même imaginer l'émergence d'un nouveau métier : celui d' « assembleur », puisque quelques semaines de formation suffisent pour apprendre à poser le système.

Le maître mot est la rigueur, à chaque étape de la pose. Une vigilance particulière est requise lors de l'installation des caissons ITE, notamment en ce qui concerne l'alignement, l'étanchéité et le respect des prescriptions techniques de fixation.

Pour assurer la mise en œuvre des caissons isolés en ITE avec la solution Élément'R, les compétences requises sont relativement accessibles, ce qui participe à la démocratisation du procédé. Les principales compétences incluent :

- Lecture de plans simples et repérage sur façade : savoir identifier l'emplacement des éléments à poser ;
- Manutention et manipulation d'éléments préfabriqués : utiliser des équipements de levage légers si nécessaire, tout en respectant les consignes de sécurité ;
- Assemblage par emboîtement : précision dans l'alignement et contrôle de l'emboîtement des caissons ;
- Maîtrise des niveaux et aplombs : savoir vérifier la bonne planéité et l'alignement des éléments pour garantir la performance thermique et esthétique ;
- Sens du travail en équipe : coordination avec les autres corps d'état et respect des étapes de pose.

Aucune qualification spécifique de niveau compagnon ou artisan n'est exigée : une courte formation pratique de quelques semaines permet d'acquérir ces gestes professionnels.

Des partenariats peuvent être envisagés avec des organismes de formation territoriaux, tels que le CD2E dans les Hauts-de-France, ainsi qu'avec des structures implantées dans les régions d'intervention du partenaire Rabot Dutilleul, notamment en Île-de-France et dans le Grand Est.

# ANNEXE

Un pack technique contenant les propriétés physiques des matériaux de la solution  
Élément'R est disponible sur [Pro'Réno](#).



## **ANNEXE 1 : TYPE B2.1 – MAISON AUTONOME / COURANT-LEMAITRE**

### **1946-1968**

La [maison Courant-Lemaître](#) est construite à la reconstruction après la fin de la Seconde Guerre mondiale et jusqu'à la fin des années 60. Elle se retrouve surtout en périphérie de villes, dans des quartiers pavillonnaires homogènes, souvent autonome avec jardin.



**Figure 40** - [Type B2.1 : Maison Courant-Lemaître](#)

De la simple petite maison jumelée à la belle demeure, le type constructif est souvent le même : maçonnerie de qualité en brique creuse et parpaing, avec cloisons en carreaux creux de terre cuite maçonnés. Tous les enduits intérieurs sont faits en plâtre (épaisseur 1 à 2 cm). Les planchers bas et planchers intermédiaires sont en béton poutrelles/hourdis. Les planchers hauts et rampants de toiture sont en plâtre sur lattis de bois. Absence quasi totale d'isolation thermique. Vue de l'extérieur, la maison se distingue par une forme rectangulaire, à la fois simple (la hauteur des murs se cantonne la plupart du temps à un seul niveau), mais avec un côté légèrement cossu dans ses attributs : niveau principal avec des murs enduits surmontant un sous-sol complet, sous-sol généralement surélevé et construit en pierre de pays.

---

On remarque quelques particularités en façades :

- La présence d'un escalier accolé en façade ;
- Un léger décroché de façade entre les deux niveaux ;
- Un premier niveau souvent semi-enterré ;
- Des encadrements de fenêtres, parfois en extrusion.

La toiture est souvent à quatre pans et couverte en tuiles mécaniques, les ouvertures (fenêtres et lucarnes de toit) sont de taille confortable, il y a souvent des terrasses en béton le long de certains murs avec un escalier extérieur permettant d'accéder à l'entrée de la maison. Les angles voire les murs entiers sont parfois habillés en parements de pierres.

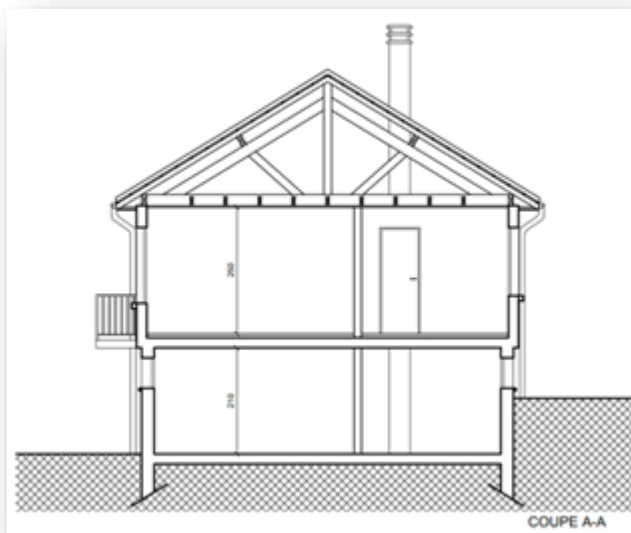
De l'extérieur, la maison revêt un aspect qui n'a rien d'exceptionnel : elle pourra supporter une ITE des murs avec finition enduite ou finition bardage.

Principales caractéristiques :

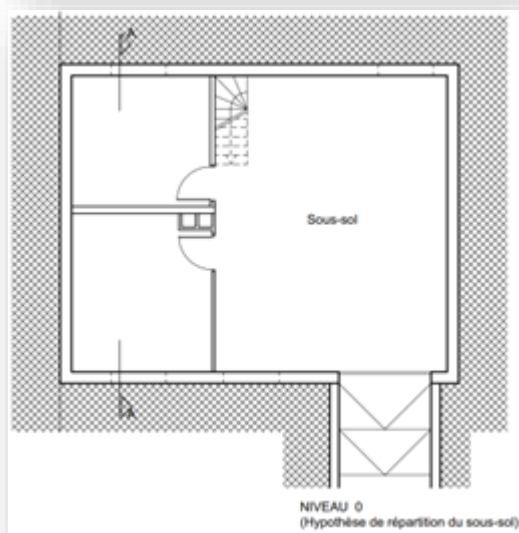
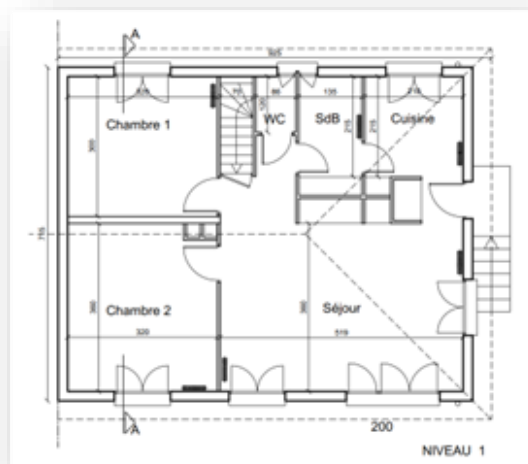
- Maison non isolée présentant un important gisement d'économie d'énergie ;
- Bon niveau d'inertie thermique qui sera valorisée par une ITE des murs, laquelle permettra de couper le pont thermique du plancher intermédiaire ;
- L'éclairage naturel est souvent très convenable grâce à la présence de larges fenêtres et portes-fenêtres ;
- Les plâtres traditionnels intérieur fournissent des surfaces de qualité.



**Figure 41** - Axonométrie type B2.1 : maison Courant-Lemaître autonome



**Figure 42** – coupe type B2.1 : maison Courant-Lemaître autonome



**Figure 43** - Plan type B2.1 : maison Courant-Lemaître autonome



**Figure 44** – Élévations types B2.1 - maison de bande jumelée

---

## ANNEXE 2 : TYPE B2.2 – MAISON EN BANDE 1946-1968

La [maison en bande](#) constitue une variante de la maison autonome. Elle partage ainsi des caractéristiques communes avec celle-ci, mais diffère par son agencement en bande, où plusieurs unités d'habitation sont alignées les unes à côté des autres, partageant des murs mitoyens. Cette disposition permet une utilisation efficace de l'espace dans les zones urbaines, où le terrain est souvent limité et précieux.



**Figure 45** – [Élévations type B2.2 : maison en bande jumelée](#)

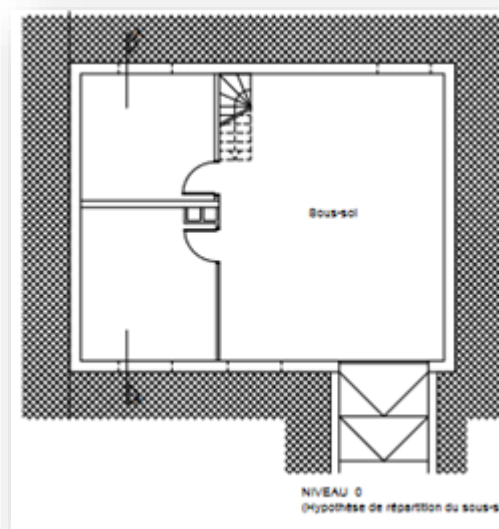
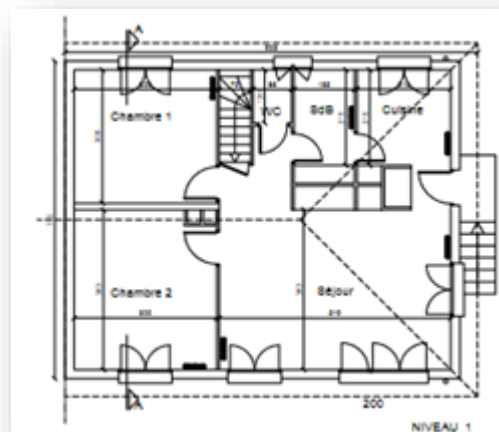


**Figure 46** - [Isométrie type B2.2 : ½ maison en bande jumelée](#)

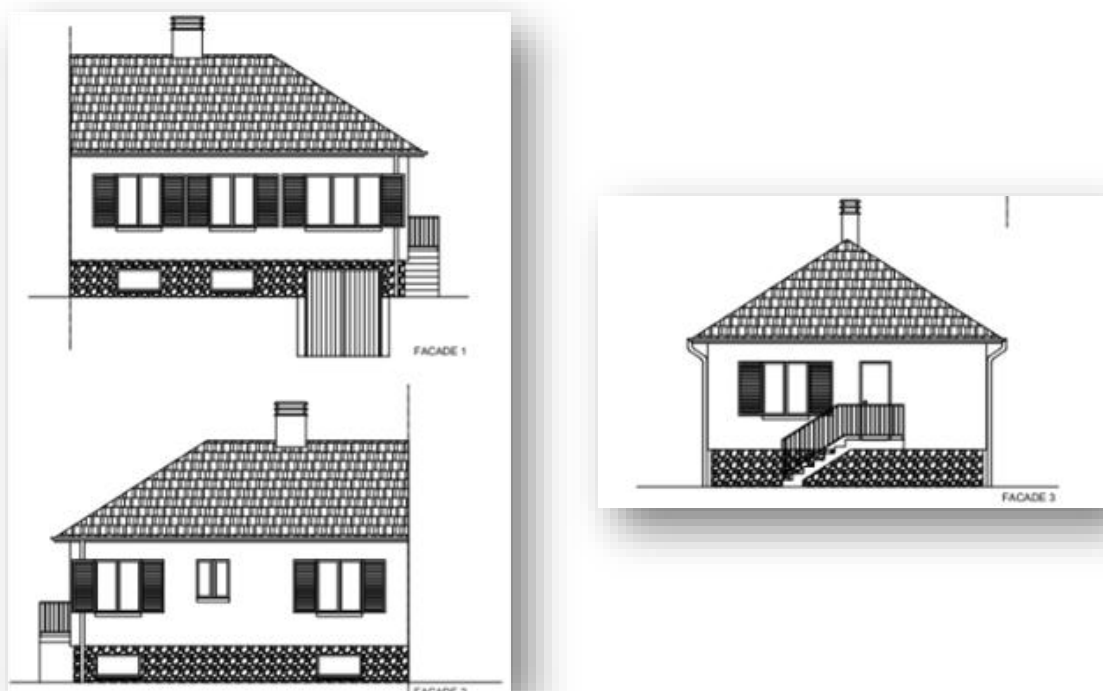
Elle est généralement conçue avec un entresol semi-enterré, un niveau d'habitation et un étage et/ou un comble aménagé.



**Figure 47** – Coupe type B2.2 - maison de bande jumelée



**Figure 48** – Plans types B2.2 - maison de bande jumelée



**Figure 49** – Élévations types B2.2 - maison de bande jumelée

Les maisons de référence étudiées font partie du type B2.1 et B2.2. Les composants principaux visés par la solution sont constitués de la manière suivante :

#### 10.1.1. Type B2.1 – Maison autonome

Composition des parois de la maison de référence :

- Maison type R+1 ;
- Couverture à 4 pans avec combles perdus ;
- Pas de modénature en façade ;
- Les parois verticales courantes sont composées de murs doubles composés de parpaing et de cloisons intérieures en brique. Les parois sont enduites côté intérieur par des enduits en plâtres traditionnels de 1 à 2 cm fournissant des surfaces de qualité ;
- Les murs de soubassement sont en pierre de pays avec ou sans enduits ;
- Les planchers bas donnent sur un sous-sol et sont composés de hourdis en béton ;
- Le plancher haut est composé d'ossature en bois recouverte en sous-face par des enduits sur lattes en bois ;
- Les menuiseries sont en bois ou en PVC de tailles importantes et sont placées en tunnel du côté intérieur de la paroi.

---

Situations architecturales de référence considérées fixées par le CSTB parmi la liste détaillée ci-avant.

La situation architecturale de référence retenue pour décrire la solution de référence est la suivante :

- Parois verticales en maçonnerie courante (parpaing) ;
- Non mitoyen ;
- Appui de fenêtre en extrusion ;
- Présence d'escalier et balcon en façade ;
- Léger décroché entre les niveaux ;
- Sans isolation ;
- Débord de toit large ;
- Présence d'une cheminée en toiture.

#### 10.1.2. Type B2.2 – Maison en bande

##### **Composition des parois de la maison de référence :**

Idem maison autonome.

##### **Situations architecturales de référence considérées :**

La maison en bande constitue une variante de la maison autonome, mais en version mitoyenne.

#### 10.1.3. Un modèle de maison adapté à la mise en œuvre de la solution Elément'R

Plusieurs caractéristiques font des maisons courantes Lemaitre, des modèles de maisons adaptés à la solution ITE préfabriquée :

- Murs non isolés ;
- Murs porteurs ;
- Positionnement sur la parcelle avec le jardin et l'accessibilité qui en découle ;
- Aspect architectural aisément imitable liée à l'absence de modénatures.