

IO4 Guide pour les Professionnels

Erasmus+ UP4GREEN CONCRETE	
Perfectionnement Professionnel POUR un plan de rénovation durable des bâtiments en BETON	
Réf. : 2020-1FR01-KA202-079810	
Description du livrable	IO4 Guide pour les Professionnels
Partenaire coordinateur du document	Associazione NET, Italie
Partenaires impliqués	Tous
Statut du document	Final
Date de la dernière mise à jour	23-01-2023

Table des matières

Contexte	Page 3
Objectif du guide pour les professionnels	Page 3
Description de la méthodologie	Page 4
- Application mobile	Page 4
- Etudes de cas	Page 5
Annexes	Page 8
- Manuel utilisateur de l'application mobile	Page 9
- Etudes de cas UP4C	Page 20
- Modèle d'étude de cas	Page 94

Contexte

La crise climatique demande une intervention urgente en faveur de la transition énergétique. Nous devons rénover en profondeur et décarboner totalement les bâtiments dans lesquels nous travaillons et vivons chaque jour.

En particulier, l'état actuel de détérioration des bâtiments en béton exige de toute urgence une approche efficace pour réhabiliter les structures anciennes. Ces bâtiments sont extrêmement inefficaces du point de vue énergétique et de l'isolation thermique, et se caractérisent souvent par un faible confort de vie.

La rénovation offre une occasion unique de repenser, de redessiner et de moderniser nos bâtiments afin de les adapter à une société plus verte et de soutenir la reprise économique. Rendre le secteur de la construction plus durable est une question cruciale pour atteindre les objectifs de la Commission européenne. Le Plan cible en matière de climat à l'horizon 2030 vise à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre dans l'UE d'au moins 55% d'ici 2030 (par rapport à 1990). Il y a donc un besoin important de rénovation profonde et de construction neuve d'un environnement bâti qui soit à la fois social et respectueux du climat.

Objectif du guide pour les professionnels

Ce guide tente de proposer une approche globale pour aider les professionnels à rénover un bâtiment en béton. Une approche globale est nécessaire non seulement pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments (et donc pour économiser de l'énergie), mais aussi pour une meilleure qualité de l'air, de vie et une diminution des risques sanitaires.

La formation des professionnels et futurs professionnels à ces questions est une des solutions pour que ceux-ci adoptent de nouvelles approches lorsqu'ils sont consultés pour la rénovation de ces bâtiments.

Ce guide a donc été élaboré afin d'apporter et de partager des conseils et des outils pratiques, et afin d'équiper les professionnels et futurs professionnels du secteur afin qu'ils répondent de manière appropriée aux nouveaux défis climatiques, environnementaux et sociaux.

Description de la méthodologie

Les partenaires de l'UP4C ont travaillé en collaboration à une méthodologie innovante pour aider les professionnels dans l'analyse des bâtiments en béton qui doivent être réhabilités.

Deux outils principaux ont été conçus à cet effet :

1. L'application mobile UP4C qui guidera les professionnels dans les différentes sections du bâtiment et les aidera à identifier les faiblesses et les besoins ;
2. La documentation des études de cas qui fournit des exemples du processus de diagnostic.

Ces deux outils ont été conçus sur la base des résultats obtenus lors de la cartographie des compétences. Ils sont donc cohérents dans leur structure et peuvent être utilisés indépendamment ou ensemble.

Application mobile

L'application mobile UP4C a été conçue pour aider les professionnels à identifier les meilleures pratiques de construction, notamment en ce qui concerne la réhabilitation des bâtiments en béton.

L'application se concentre sur les sujets suivants, que les utilisateurs pourront sélectionner :

- Efficacité énergétique et économies d'énergie
- Risques liés à la santé et qualité de la construction
- Confort d'utilisation
- Facteurs liés au mode de vie et aux aménagements

L'application comprend différents thèmes relatifs à la construction, afin de permettre aux professionnels de ce secteur d'analyser en profondeur les bâtiments en béton, de détecter leurs pathologies et de rechercher des solutions qui minimiseront les risques pour la santé tout en maximisant l'efficacité d'un bâtiment.

Les utilisateurs auront ainsi accès à une sorte de check-list comprenant les renseignements suivants :

- Les points de vigilance
- Les sujets d'intérêt susmentionnés parmi lesquels choisir
- Les solutions proposées pour chaque problème

En bref, il fournira aux utilisateurs une analyse détaillée et précise de chaque bâtiment avant d'entreprendre tout type de travaux de construction, afin d'obtenir des résultats optimisés et une efficacité énergétique dans les plus brefs délais, tout en privilégiant la santé et la sécurité des utilisateurs.

Vous trouverez ci-joint le manuel complet pour les utilisateurs sur la façon d'utiliser l'application.

Etudes de cas

La rénovation d'un bâtiment en béton n'est pas une technique habituelle pour les artisans et les professionnels. Notre cartographie des compétences décrit les connaissances et compétences nécessaires pour adopter une analyse globale du bâtiment et suggérer une proposition de réhabilitation qui prendra en compte tous les thèmes et points de vigilance identifiés.

Quatre unités d'apprentissage ont été identifiées, conçues comme une synthèse entre l'amélioration des compétences de l'individu et la sensibilisation à une rénovation durable :

- Analyse des typologies de bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter
- Analyse et pathologies des bâtiments en béton
- Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton
- Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

Le modèle pour le développement des études de cas est cohérent avec le contenu des unités d'apprentissage de l'UP4C identifiées. Par conséquent, ces études sont basées sur des bâtiments existants.

Les autorités locales telles que les municipalités, les régions mais aussi les propriétaires privés doivent être contactés en vue d'obtenir leur permission pour analyser leurs bâtiments représentant un bon exemple d'étude de cas.

Le modèle fournit la structure et les exigences à suivre en vue d'effectuer le **diagnostic** du bâtiment au travers de :

- L'analyse du bâtiment en béton
- L'analyse des pathologies des bâtiments en béton

Puis proposer un plan de **rénovation**, comprenant :

- Les techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton
- Les techniques de régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

Des indications précises sur la longueur attendue des réponses sont fournies.

La méthodologie de l'étude de cas a été choisie car elle favorise un apprentissage actif et expérimental, et développe les compétences de pensée critique nécessaires pour formuler une proposition de plan de rénovation.

Cette approche proactive est un bon moyen pour les professionnels de s'approprier le processus à suivre comme méthodologie pour l'analyse et le diagnostic du bâtiment.

Six études de cas ont été développées selon le modèle proposé, basées sur des bâtiments existants en Europe. Elles peuvent être utilisées comme matériel pédagogique. Pour chacune d'entre elles, une présentation générale du bâtiment avec des informations techniques est fournie. Les principales pathologies du bâtiment sont identifiées, analysées et mises en perspective avec les questions de santé et les normes de confort. Cette analyse transversale débouche sur une proposition de réhabilitation. Les images et photos sont très efficaces pour illustrer le diagnostic réalisé.

ANNEXES

Manuel utilisateur de l'application mobile

Etudes de cas UP4C

Modèle d'étude de cas

MANUEL UTILISATEUR DE L'APPLICATION MOBILE

Introduction

L'application mobile *Up4Green Concrete* a pour but de définir les meilleures pratiques de construction, tout en soutenant les professionnels actuels et futurs dans leur utilisation pratique du béton.

L'application se concentre sur les sujets suivants, que les utilisateurs pourront sélectionner :

- Efficacité énergétique et économies d'énergie
- Risques sanitaires et qualité de la construction
- Confort d'utilisation
- Facteurs liés au mode de vie et aux aménagements

L'application comprend différents thèmes relatifs à la construction, afin de permettre aux professionnels de la construction d'analyser en profondeur les bâtiments en béton, de détecter leurs pathologies et de rechercher des solutions pour minimiser les risques sanitaires tout en maximisant l'efficacité du bâtiment.

Les utilisateurs auront ainsi accès à une sorte de check-list, contenant les points suivants :

- Les points de vigilance
- Les thèmes d'intérêt susmentionnés parmi lesquels choisir
- Des propositions de solutions pour chaque problème

En résumé, il s'agit de fournir aux utilisateurs une analyse détaillée et précise de chaque bâtiment avant d'entreprendre tout type de travaux de construction, afin d'obtenir des résultats optimisés et une efficacité énergétique dans les plus brefs délais, tout en priorisant la santé et la sécurité des usagers.

Compatibilité

L'application mobile *Up4Green Concrete* est compatible avec les appareils suivants :

- iPhones d'Apple
- Téléphones mobiles Android

Installation

Pour les appareils Apple :

- Ouvrez l'Apple Store
- Recherchez « *Up4Green Concrete* »
- Appuyez sur le bouton « obtenir » et attendez que le téléchargement soit terminé

Pour les appareils Android

- Ouvrez le Google Play Store
- Recherchez « *Up4Green Concrete* »
- Appuyez sur « Installer » et attendez que le téléchargement soit terminé

Accueil

Sur l'écran d'accueil de l'application, les utilisateurs peuvent choisir de naviguer parmi les trois unités d'intérêt présentées dans l'image 1.1.



Les utilisateurs peuvent également choisir de naviguer dans la section info de l'application, en bas à gauche de l'écran d'accueil.

Au centre de l'écran d'accueil, les utilisateurs peuvent afficher l'avertissement de l'application.

Enfin, les utilisateurs peuvent passer d'une langue à l'autre en les choisissant parmi les options « Langues » qui se trouvent en bas à droite de l'écran d'accueil de l'application.

Image 1.1

Zones

Comme mentionné ci-dessus, les utilisateurs peuvent choisir entre les trois différentes unités de l'application :

- Analyse des types de bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter (Image 1.1)
- Analyse et pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie) (pathologies, y compris humidité et matériaux) (Image 1.2)
- Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation (Image 1.3)

Chacun des éléments susmentionnés conduira l'utilisateur vers les écrans suivants :



Image 2.1

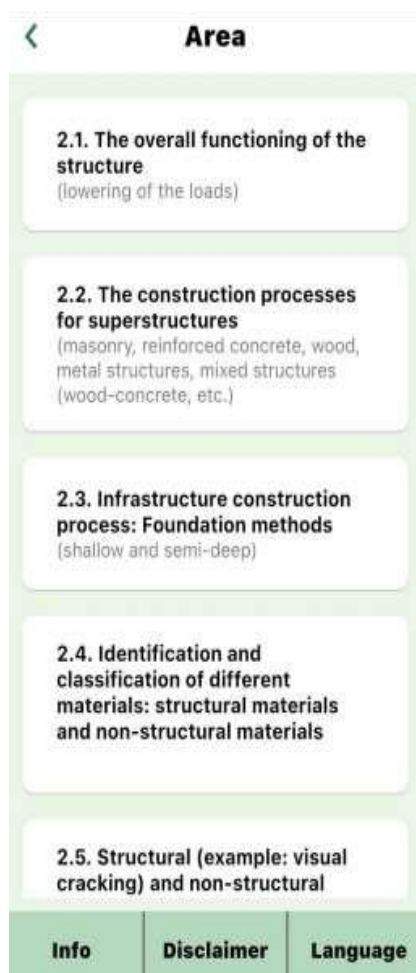


Image 2.2

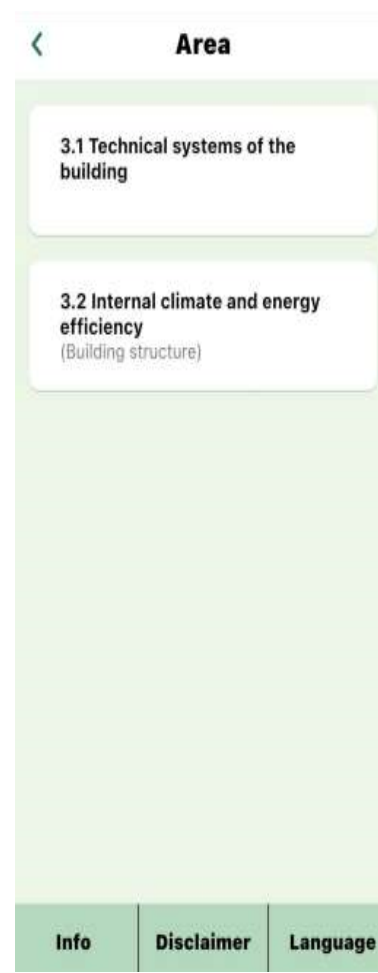


Image 2.3

Après avoir sélectionné une des unités, l'utilisateur peut ainsi faire défiler une variété de sujets et naviguer entre eux. Ces thèmes sont soit liés à une partie du bâtiment qui pourrait intéresser les utilisateurs (p.ex. 1.3. Système électrique), soit liés à un domaine de préoccupations communes dans le domaine de la construction (p.ex. 2.3. Processus de construction de l'infrastructure : méthodes de fondation).

Zone | Aller plus loin dans la navigation (1/2)

Voici un paradigme de comment l'application *Up4Green Concrete* peut être utilisée.



Image 3.1

En supposant qu'un utilisateur s'intéresse à l'unité « 3. Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation » comme dans l'image 1.1, il pourra cliquer pour être conduit à l'écran affiché dans l'image 2.2, qui propose deux options :

3.1 Systèmes techniques du bâtiment

3.2 Confort intérieur et efficacité énergétique (structure du bâtiment)

En supposant que l'utilisateur soit intéressé par la première option (3.1), il pourra poursuivre sa navigation et sera conduit à l'écran de l'image 3.1, contenant les trois options suivantes :

3.1.1. Système de chauffage – lié au bâtiment

3.1.2. Système de chauffage – lié au système

3.1.3. Système de ventilation

Après avoir établi l'intérêt de l'utilisateur pour la section 3.1 « Systèmes techniques du bâtiment », supposons qu'il s'intéresse désormais à la troisième option 3.1.3. « Systèmes de ventilation ». En faisant ce choix, l'utilisateur sera redirigé vers l'écran affiché dans l'image 4.1, qui lui permettra de définir plus précisément la nature du problème lié au bâtiment. Plus précisément, la section 3.3.1 comprend les options suivantes parmi lesquels il peut choisir :

3.1.3.a Moisissures et champignons

3.1.3.b Bruit

3.1.3.c Allergies

3.1.3.d Perte de chaleur

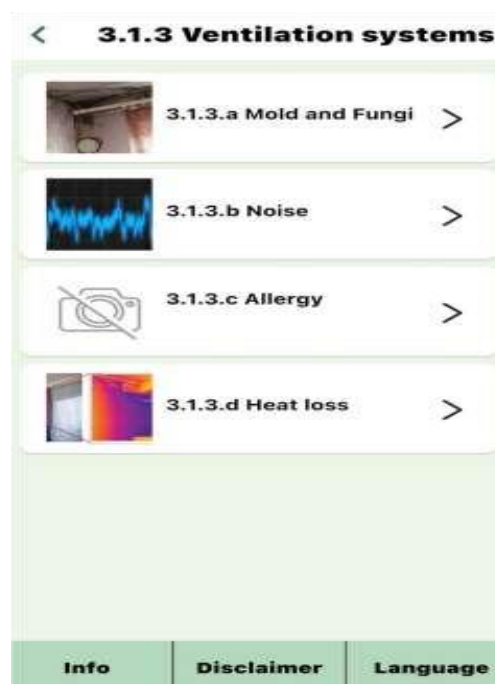


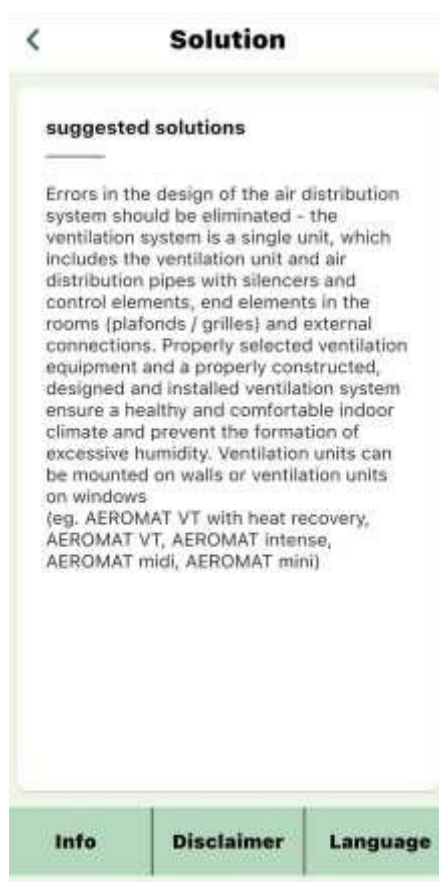
Image 4.1

Zone | Aller plus loin dans la navigation (2/2)

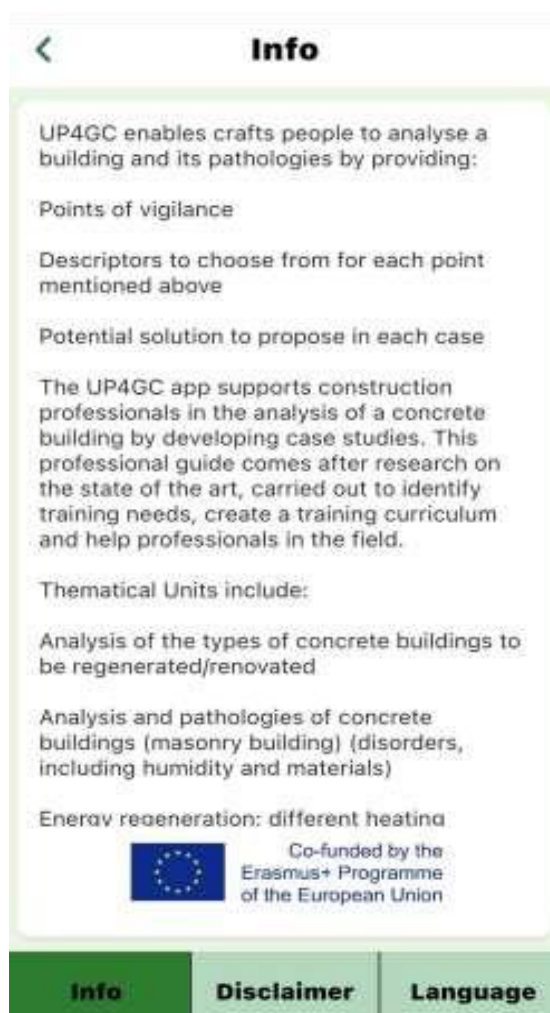
En supposant que l'utilisateur soit intéressé par la première option de l'image 4.1, à savoir 3.1.3.a « Moisissures et champignons », la sélection de cette option le conduira à l'écran affiché dans l'image 5.1 ci-dessous.

L'image comprends une solution suggérée pour chaque problème pouvant survenir.

Image 5.1



La même logique s'applique à tous les domaines que les utilisateurs peuvent choisir ; ils choisissent un domaine, qui est ensuite analysé pour mieux refléter les besoins spécifiques de chaque utilisateur, afin de leur fournir une solution précise et élaborée qui pourra les aider.



INFOS

La section Infos est accessible à partir de n'importe quelle page, y compris celles mentionnées dans les instructions ci-dessus.

La section infos est essentiellement conçue pour fournir aux utilisateurs actuels ou futurs une analyse détaillée des objectifs de l'application, ainsi que des informations sur le contexte et le financement de l'application.

Les utilisateurs peuvent visualiser la section Infos comme dans l'image 6.1, et faire défiler l'ensemble du texte.

Image 6.1

Clause de non-responsabilité

Tout comme dans la section Infos, la section de clause de non-responsabilité de l'application est également accessible depuis n'importe quel écran.

En tant que projet co-financé par la Commission européenne, il est important de préciser que le co-financement ne signifie pas que la Commission européenne approuve le contenu de l'application mobile *Up4Green Concrete*. Par ailleurs, la Commission européenne ne peut être tenue responsable de toute utilisation abusive liée à l'application.

La clause de non-responsabilité est disponible dans toutes les langues utilisées au sein de l'Union Européenne (Image 7.1). Les utilisateurs peuvent faire défiler la section vers le bas.



Image 7.1

Langues

En utilisant l'application mobile *Up4Green Concrete*, les utilisateurs peuvent voir le contenu et naviguer dans les langues suivantes :

- Anglais
- Estonien
- Français
- Grec
- Italien
- Polonais

Comme le montre l'image 8.1, qui présente un exemple de la section Langues accessible depuis la page d'accueil, les utilisateurs peuvent changer de langue à tout endroit de l'application.

Tout comme pour les sections Infos et Clause de non-responsabilité, la section Langues est accessible depuis n'importe quelle page.



Image 8.1

ETUDES DE CAS UP4C

Logements sociaux, Piacenza, Italie

Bâtiment municipal, Comté de Pärnu County, Estonie

Maison privée, Koeru, Järvamaa, Estonie

Bâtiment d'enseignement technique, Le Havre, France

Maison d'habitation, Le Havre, France

Bâtiment résidentiel, Lodz, Pologne

ETUDE DE CAS

Logements sociaux, Piacenza, Italie



Image 1 : bâtiment à Piacenza à usage résidentiel

PHASE DE DIAGNOSTIC

- Analyse de typologies de bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter

a) Description du bâtiment :

- **Age :** 1970
- **Localisation :** Piacenza, Italie
- **Etat actuel :** le bâtiment résidentiel de 10 étages est en mauvais état, surtout au niveau des structures des piliers et des poutres en béton armé ; la phase de diagnostic préliminaire met en évidence des infiltrations d'eau, du métal apparent et exposé et une utilisation inadéquate du mélange de béton.
- **Utilisation :** logements sociaux

b) Informations techniques : aperçu

- **Structures porteuses et bardages :** les structures porteuses sont constituées de piliers et poutres en béton armé, les bardages sont en maçonnerie, certains revêtements sont en brique de parement, d'autres en métal.
- **Matériaux utilisés pour leur construction et leur installation :** ciment, béton, briques perforées et double UNI, briques pleines, métal.
- **Systèmes techniques d'utilisation du bâtiment pour assurer le confort intérieur et sa sécurité de fonctionnement :** chaque appartement dispose d'une chaudière à gaz qui produit de l'eau chaude sanitaire. Il n'y a pas de méthodes de refroidissement, et seuls quelques appartements ont leur propre

climatiseur. On constate un manque de sécurité général dans l'ensemble du bâtiment.

2. Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)

- Identifier les pathologies en fonction du niveau de risques pour chaque élément porteur :
- **Catégorie de risques :** par rapport au tableau ci-dessous, le bâtiment analysé appartient à la catégorie *R2 : Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs (1-2 ans)*

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	Mauvais état de conservation : risque pour les personnes et les objets	12 mois
R2	Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs	1- 2 ans
R3	Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	Défaut non-impactant si ce n'est esthétique	10 ans

- **Analyse des pathologies dans :**
- La maçonnerie : les murs en béton armé sont anciens et en mauvais état de conservation.



Image 2 : Maçonnerie de la cavité technique du logement montrant l'état de détérioration de la maçonnerie.

- Le béton : le béton présente plusieurs fissures, les barres sont exposées dans plusieurs parties du bâtiment, le mélange de ciment utilisé est de mauvaise qualité et présente des nids de gravier et des bulles d'air.

•



Image 3 :

Le pilier et la poutre correspondante présentent des fissures dues à une contrainte de compression sur un mélange de béton inadapté.



Image 4 :

La poutre montre un manque de couverture et des métaux à nu.

Le pilier présente un mélange de béton de mauvaise qualité, à l'origine de fissures évidentes.



Image 5 :

Le pilier présente des décollements dus à une couverture trop fine qui est la cause de l'éclatement du fer.

- L'isolation : pratiquement inexistante

- **Pathologies dues à :**
- L'humidité : présence d'une humidité ascendante et d'altération.



Image 6 :

Humidité due aux intempéries

- Hygrométrie : il n'y a pas de bien-être hygrométrique, les infiltrations dans les appartements sont évidentes.



Image 5 :

L'humidité attaque les structures porteuses, créant des ponts thermiques là où il y a un changement de matériau/structure, ce qui entraîne des conséquences hygrométriques dans les appartements.

- Evolution des fissures : on observe de nombreuses fissures dans les éléments porteurs, dans les poutres et les piliers.



Image 6 :

Le pilier présente des signes de détachement du béton dû à l'usure, dans la zone interne, la plus soumise à la charge, on peut voir des creux dus à un mélange inadéquat.



Image 7 :

Le pilier présente des signes de détachement du béton en raison d'une épaisseur insuffisante de la couverture, ce qui a entraîné l'explosion des fers, dans la partie interne on peut voir des creux dus à un mélange inadéquat.



Image 8 :

Les poutres se détachent des revêtements de terrasse en raison des ponts thermiques.

- Efficacité du chauffage : pas d'efficacité énergétique en raison du manque d'isolation et de l'utilisation de chaudières souvent vétustes.
- Efficacité de la ventilation : pas d'équipements de ventilation

b) Travaux de réparation nécessaires :

- **Réparation de l'acier, du béton armé et du revêtement de surface :**
 - Chemises ou cols en acier renforcé
 - Murs en béton armé
 - Renforcement des nœuds avec des Polymères Renforcés de Fibres (PRF)
 - Renforts en acier pour augmenter la ductilité globale et la capacité de dissipation
 - Bandage par injection de résine avec des Polymères Renforcés de Fibres (PRF)
- **Réparation des joints de maçonnerie :**
 - Remplissage des fissures stabilisées
 - Injection de résine
 - Renforcement avec des Polymères Renforcés de Fibres (PRF)
- **Changement d'isolation en fonction de la situation (intérieure ou extérieure) :**
 - Besoin d'enduits extérieurs après la rénovation des structures et des murs porteurs
 - Prévoir un système d'efficacité énergétique avec des chaudières à condensation ou des pompes à chaleur

PLAN DE RENOVATION

3. Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton

Suggestion des technologies les plus appropriées pour la récupération d'énergie et l'élimination des pathologies identifiées

Comme décrit ci-dessus, un projet de rénovation est nécessaire, et il doit inclure :

- Le nettoyage des structures et des éléments en métal et en maçonnerie
- Le renforcement des structures avec des injections de résine, des colliers en acier, du ciment de renforcement
- Des murs
- L'application de revêtements à haut rendement énergétique, éventuellement en matériaux naturels (chaux et chanvre, bois)
- L'isolation des toits avec des toitures végétalisées
- La rénovation du système de chauffage/refroidissement et d'eau chaude

a) Enumérez les techniques de récupération pour les bâtiments en béton armé

:

- Injections de résine
- Revêtements en béton armé avec des matériaux d'isolation thermique
- Bandage partiel à l'aide de Polymères Renforcés de Fibres
- Renforcement des nœuds à l'aide de Polymères Renforcés de Fibres
- Murs en béton armé
- Contreventements en acier
- Insertion de panneaux muraux
- Contreforts extérieurs

b) Enumérez les techniques d'isolation :

- Panneaux isolants insérés directement dans l'armature ou collés ultérieurement, afin de réduire les ponts thermiques
- Insufflations
- Cavité avec maçonnerie isolée
- Revêtement thermique avec différents matériaux

4. Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

Suggestions pour remplacer les systèmes de chauffage par des technologies plus récentes, offrant un meilleur rendement énergétique

a) Listez les techniques permettant d'améliorer les systèmes de chauffage et de ventilation :

- **Pour isoler thermiquement les installations techniques pour une plus grande efficacité énergétique :**
 - Isolation des murs extérieurs et rénovation des toits végétalisés
- **Pour améliorer l'efficacité des systèmes de chauffage, ventilation, refroidissement et de chauffage résiduel :**
 - Installer des pompes à chaleur ou des chaudières à condensation
 - Pour le refroidissement, utiliser un système de mur creux avec des aérations dans les appartements

ETUDE DE CAS

Bâtiment municipal, Comté de Pärnu, Estonie



PHASE DE DIAGNOSTIC

1. Analyse de typologies de bâtiments en béton à réhabiliter

a) Description du bâtiment :

- **Age :** construit approximativement en 1960
- **Localisation :** Pärnu-Jaagupi, Comté de Pärnu, Estonie
- **Etat actuel :**
- Murs porteurs : malgré les fissures, l'état du béton armé répond aux exigences de portance, c'est-à-dire qu'il ne menace pas de s'effondrer. Il est donc possible de rénover sans armature supplémentaire. Les surfaces en béton nécessitent la réparation des fissures et autres dommages avant que les travaux d'isolation ne puissent commencer.
- Etat de la toiture : toiture en éternit (amiante-ciment) en fin de vie, qui a dû être remplacée par une toiture en acier. Les structures en bois étaient peu endommagées et ne nécessitaient qu'une restauration minimale. L'isolation du plafond d'extrémité était insuffisante et a dû être remplacée en totalité.
- La tuyauterie du système de chauffage est en bon état, les gaines doivent être isolées, les nœuds entrants doivent être remplacés, les douilles (passage) et les radiateurs ont été remplacés par des radiateurs thermorégulés.
- Les systèmes de ventilation doivent être entièrement modernisés, c'est-à-dire remplacés conformément aux documents normatifs en vigueur.
- **Usage :** école publique

b) Informations techniques : aperçu

- **Structures porteuses et de revêtement** : murs porteurs : éléments en béton armé (poteaux, panneaux)
- **Remplissages et limites des bâtiments** : les ouvertures sont en bois, et sont obsolètes, clairessemées (ne retiennent pas la chaleur)
- **Matériaux utilisés pour leur construction et installation** : la toiture est en amiante-ciment et est en fin de vie, isolation sous toiture insuffisante.
- **Systèmes techniques d'utilisation du bâtiment pour assurer le confort intérieur et la sécurité de son fonctionnement** : l'isolation extérieure est insuffisante, la façade est recouverte d'un enduit de ciment. Les joints des panneaux sont isolés. Capacité de ventilation trop faible, pas de récupération de chaleur, mécanismes trop énergivores. Les systèmes de chauffage central sont généralement conformes aux exigences, mais une nouvelle isolation des gaines/manchons (passages) est nécessaire.

2. Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)

a) Identifier les pathologies en fonction du niveau de risques pour chaque élément porteur (uniquement R3 et R4) :

Catégorie de risques : par rapport au tableau ci-dessous, le bâtiment analysé appartient à la *catégorie de risques R3-R4*

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	 Mauvais état de conservation : risque pour les personnes et les objets	12 mois
R2	 Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs	1- 2 ans
R3	 Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	 Défaut non-impactant si ce n'est esthétique	10 ans

- **Analyse des pathologies dans :**

- La maçonnerie

Etat des murs : panneaux généralement en bon état, fissures et fractures au niveau des joints. Pas de risque d'effondrement de la structure. Insuffisance de l'isolation, de l'étanchéité.

- Le béton

Fondations : béton armé monolithique. Présence de fissures, pas encore dangereuses pour la structure. L'hydro-isolation s'est dégradée (détériorée) avec le temps, isolation insuffisante.

- Le bois

Ouvertures : les fenêtres/portes sont minces, avec de la pourriture par endroits. Les structures du toit sont généralement en bon état ; les lattes de maçonnerie présentent par endroits quelques dommages superficiels dus à l'humidité.

- Les structures métalliques

Les plaques d'assemblage des panneaux, les poteaux et les soudures sont en bon état, pas de travaux supplémentaires nécessaires.

- L'isolation

Les isolations hydro et thermique sont insuffisantes, ne sont pas conformes aux normes modernes et entraînent une consommation d'énergie excessive.

- **Les pathologies sont dues à :**

- L'humidité

L'étanchéité est obsolète et insuffisante dans l'ensemble du bâtiment. Des dégâts d'humidité ont été constatés à l'intérieur du sous-sol du bâtiment : au niveau des joints de la fondation et au niveau des joints du sol, du plafond et de la fondation. Les dommages dus à l'humidité doivent être éliminés, les fondations extérieures imperméabilisées et isolées conformément aux règles de construction en vigueur.

- L'évolution des fissures

Des fissures et fractures sont présentes au niveau des joints.

- L'efficacité du chauffage

Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage central. Il y a une accumulation de rouille dans les canalisations (gainés), il n'y a pas assez de thermostats dans les pièces, l'isolation des traversées (gainés, passage) est insuffisante.

- L'efficacité de la ventilation

Capacité de ventilation (débit) trop faible, pas de récupération de chaleur, les mécanismes sont trop énergivores.

b) Travaux de réparation nécessaires :

- **Réparation de l'acier, béton armé et revêtement de surface**

Façade, la toiture doit être remplacée en totalité

- **Réparation des joints de maçonnerie.** Remplissage des fissures stabilisées.

Rénovation des joints nécessaire par endroits.

- **Passivation de la rouille de la structure métallique**

Nécessaire pour certains nœuds.

- **Réparation des greffes de la structure en bois**

Remplacement complet des ouvertures, des réparations occasionnelles des structures de la toiture sont suffisantes.

- **Changement de l'isolation en fonction de la situation (intérieure ou extérieure)**

L'isolation hydro et thermique doit être renouvelée dans tout le bâtiment.

- **Autre**

Le système de ventilation doit être remplacé dans tout le bâtiment, le système de chauffage nécessite des réparations occasionnelles et l'installation de thermostats.

PLAN DE RENOVATION

3. Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton

Suggestion des technologies les plus appropriées pour la récupération de l'énergie et l'élimination des pathologies

a) Enumérez les techniques de récupération pour les bâtiments en béton armé :

- Injections de résine - *Pas nécessaire*
- Revêtements en béton armé avec des matériaux d'isolation thermique - *Nécessaire en totalité*
- Bandage partiel et renforcement des nœuds avec des Polymères Renforcés de Fibres – *Nécessaire dans certains nœuds, en Estonie le SILS est largement utilisé comme solution à ce problème*

https://www.caparol.ee/caparol_pim_import/caparol_ee/broschueren/pdfs/178252_SILS_Paigaldusjuhend.pdf
- Murs en béton armé – *Les fissures doivent être réparées*
- Contrevents en acier - *Pas nécessaire*
- Insertion de panneaux muraux - *Pas nécessaire*
- Contreforts extérieurs - *Pas nécessaire*

b) Enumérez les techniques d'isolation :

- Panneaux isolants insérés directement dans l'armature ou collés ultérieurement, afin de réduire les ponts thermiques – *Nécessaire pour l'ensemble du bâtiment*
- Insufflations - *Occasionnellement nécessaire*
- Cavité avec maçonnerie isolée - *Occasionnellement nécessaire*
- Revêtement thermique avec différents matériaux – *Nécessaire en totalité, pour l'ensemble du bâtiment*

4. Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

Suggestions pour remplacer les systèmes de chauffage par des technologies plus récentes, offrant une meilleure efficacité énergétique

a) Enumérez les techniques permettant d'améliorer les systèmes de chauffage et la ventilation :

- **Isoler thermiquement les installations techniques pour une plus grande efficacité énergétique – Nécessaire pour les tuyaux et les conduits.**
<http://katused24.ee/web/ckfinder/userfiles/pdf/Labiviigudlamekatustest.pdf>
- Il est nécessaire d'améliorer l'efficacité des systèmes de chauffage, de ventilation, de refroidissement et de chauffage résiduel dans l'ensemble du bâtiment, y compris le remplacement de l'ensemble du système de ventilation.

ETUDE DE CAS

Maison privée, Koeru, Järvamaa, Estonie



PHASE DE DIAGNOSTIC

1. Analyse des typologies de bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter

a) Description du bâtiment :

- **Age :** 1975
- **Localisation :** Koeru, Järvamaa
- **Etat actuel :**
- Murs porteurs : capacité portante garantie, nombreuses fissures, étanchéité sur fondation béton insuffisante, pas d'isolation, pas de fissures traversantes, seulement superficielles ;
- Toiture : le matériau de couverture est l'éternit (amiante-ciment), qui est pratiquement inutilisable, structures en bois avec des dommages de pourriture ;
- Chauffage : chauffage central local à eau, système obsolète, ventilation par cheminée à basse pression (ventilation par une cheminée à pression réduite), non adéquate.



- **Usage :** maison privée

b) Informations techniques : aperçu

- **Structures porteuses et de bardage** : panneaux de béton bulle ou dalles/planches creuses en béton armé (panneaux de béton mull) et enduit ciment, brique silicate, bardage bois ; fondations : blocs béton, murs : panneaux de béton mull & enduit ciment.
- **Remplissage et limites du bâtiment** : ouvertures en bois (fenêtres, portes), obsolètes, ne conservent pas la chaleur.
- **Matériaux utilisés pour la construction et l'installation** : toiture : amiante-ciment.
- **Systèmes techniques d'utilisation du bâtiment pour assurer le confort intérieur et la sécurité de fonctionnement du bâtiment** : chauffage central de l'eau, ventilation par cheminée à basse pression.

2. **Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)**
 - a) Identifiez les pathologies en fonction du niveau de risques pour chaque élément porteur :
- **Catégorie de risques :** par rapport au tableau ci-dessous le bâtiment appartient à la *catégorie de risques R3 et R4*

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	 Mauvais état de conservation : risque pour les personnes et les objets	12 mois
R2	 Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs	1- 2 ans
R3	 Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	 Défaut non-impactant si ce n'est esthétique	10 ans

- **Analyse des pathologies dans :**
- Les maçonneries : - panneaux de béton bulle ou dalles/planches à âme creuse en béton armé, dommages à l'extérieur, détériorations (fissures) n'ayant pas affaibli les fonctions porteuses. Joints hermétiquement fermés, enduits, mais ils sont fissurés par endroits. Produit d'étanchéité nécessitant un renouvellement partiel. Dégâts d'humidité minimes aux joints du sol et du mur.
- Le béton : fondations en blocs de béton. Hydro-isolation (imperméabilisation) de la fondation complètement endommagée, isolation médiocre. Joints partiellement détériorés à l'extérieur. Dégâts d'humidité partiels
- L'isolation : dalles creuses en béton, clairement inadéquates, ne répondant pas aux normes de construction modernes. L'installation d'un système de joints d'isolation thermique est nécessaire pour atteindre l'efficacité énergétique.
- Le bois : ouvertures (fenêtres et portes) et structure du toit - détériorées/obsolètes, Structures métalliques - manquantes de manière significative.

- **Pathologies dues à :**
- L'humidité : l'hydro-isolation s'est détériorée au fil du temps sur l'ensemble de la zone, doit être renouvelée complètement et de manière systémique, c'est-à-dire de la réparation du substrat au remblai filtrant environnant.
- L'hygrométrie : la structure en bois entourant les fondations du bâtiment n'a pas la capacité filtrante nécessaire.
- Evolution des fissures : joints partiellement effondrés, blocs et panneaux sensiblement intacts.
- Efficacité du chauffage - chauffage au bois avec chauffage électrique (cette partie est énergivore !). Il y a un problème d'accumulation d'humidité aux jonctions des murs et du plancher.
- Efficacité de la ventilation – insuffisante, nécessite un investissement supplémentaire, car une isolation complète crée ce qu'on appelle l'effet thermos, c'est-à-dire que l'entrée d'air par les ouvertures, par exemple, peut être obstruée pour réaliser des économies d'énergie. Une ventilation supplémentaire est donc nécessaire pour assurer un climat intérieur riche en oxygène.

b) Travaux de réparation nécessaires :

- **Réparation de l'acier, béton armé et revêtement de surface** : réparation des joints. Travaux nécessaires : retirer tous les matériaux détachés et émiettés de la surface et des fissures, remplacer le produit d'étanchéité,

imprégner avec une dispersion d'adhésif (colle) et revêtir avec un mortier de réparation.

- **Réparation des joints de maçonnerie** : réparation des fissures dans une partie de la structure, la technique de réparation est similaire au remplissage des fissures du béton.
- **Réparation des greffes de la structure en bois** : La structure du toit fuit, pourrait par endroits, nécessite un remplacement complet. Les ouvertures sont détériorées, besoin d'un remplacement complet.
- **Changement d'isolation en fonction de la situation (intérieure ou extérieure)** : il faut réinstaller l'isolation hydro et thermique dans tout le bâtiment. Il est absolument nécessaire d'utiliser des techniques dites systématiques, c'est-à-dire que de l'imprégnation du support à la finition, il est recommandé d'utiliser des matériaux développés par un seul fabricant et de suivre leurs instructions de pose. Cela permet de garantir la qualité de l'interaction/la durabilité des différentes couches. Pour l'hydro-isolation, des matériaux bitumineux adhésifs peuvent être utilisés - l'application est plus facile que dans le cas de matériaux bitumineux liquides.

<https://www.ceresit.ee/et/products/hydroisolatsioon/bituminous-membranes/bitumen-sam/ceresit-bt-21.html>

- **SILS, c'est-à-dire des systèmes de joints d'isolation thermique thermal insulation** pour l'isolation des plinthes et de la façade :
<https://www.caparol.ee/tooted/soojustamine/sils>

Si un système de façade en bois est prévu par exemple pour une maison privée, les instructions se trouvent ici : https://www.isover.ee/infomaterjalide-otsing?f%5B0%5D=field_document_tr_category%3A96

Il existe plusieurs fabricants, ces liens vers leurs instructions ne sont que des exemples parmi d'autres !

- **Autre** Modernisation du système de ventilation, ajout de pièces de ventilation forcée avec récupération/distribution/échange de chaleur.
- Remplacer le système de chauffage par un système de pompe à chaleur géothermique.

PLAN DE RENOVATION

3. Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton

Suggestion des technologies les plus appropriées pour la récupération énergétique et l'élimination des pathologies identifiées

a) Enumérez les techniques de récupération pour les bâtiments en béton armé :

- Injections de résine *Pas nécessaire*
- Revêtement en béton armé avec des matériaux d'isolation thermique
Nécessaire en totalité
- Bandage partiel avec des Polymères Renforcés de Fibres *Nécessaire dans certains nœuds/ raccords*
- Renforcement des nœuds avec des Polymères Renforcés de Fibres
Nécessaire dans certains nœuds / raccords
- Murs en béton armé *Les fissures doivent être réparées – renouvellement de l'étanchéité des joints et de l'hydro-isolation des fondations.*
- Contreventements en acier *Pas nécessaire*

- Insertion de panneaux muraux *Renouvellement de l'étanchéité des joints*
- Contreforts extérieurs *Pas nécessaire*

b) Enumérez les techniques d'isolation :

- Panneaux isolants insérés directement dans l'armature ou collés ultérieurement, afin de réduire les ponts thermiques *Nécessaire en totalité*
- Insufflations *Occasionnelles, partiellement nécessaires*
- Cavité avec maçonnerie isolée *Manquante*
- Revêtement thermique avec différents matériaux *Nécessaire en totalité, dans l'ensemble du bâtiment ; isolation de tout le bâtiment – fondations, murs, plafonds, toiture – conformément aux normes en vigueur.*

4. Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

Suggestions pour remplacer les systèmes de chauffage par des technologies plus récentes, offrant une meilleure efficacité énergétique

a) Enumérez les techniques permettant d'améliorer les systèmes de chauffage et la ventilation :

- **Isoler thermiquement les installations techniques pour une plus grande efficacité énergétique.**
- **Améliorer l'efficacité des systèmes de chauffage, de ventilation, de refroidissement et de chauffage résiduel du bâtiment :**
- Installations : techniques nécessaires : modernisation de certaines parties du système de ventilation et passage d'un système de chauffage électrique à un système de pompe à chaleur géothermique.

ETUDE DE CAS

Bâtiment d'enseignement technique, Le Havre, France



Image 1 : Bâtiment d'enseignement technique / LE HAVRE

PHASE DE DIAGNOSTIC

- **Analyse des typologies de bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter**



Images 2 et 3 : Explications des pathologies possibles sur le plateau technique du génie civil



a) Description du bâtiment :

- **Age** : entre 10 et 15 ans
- **Localisation** : Le Havre
- **Etat actuel** : En état fonctionnel malgré de nombreuses fissures dans les sols et les murs, qui présentent eux-mêmes de nombreux problèmes de remontées capillaires
- **Usage** : bâtiment public

b) Informations techniques : aperçu

- **Structures porteuses et de revêtement** : structure poutres et piliers en béton armé
- **Remplissages et limites du bâtiment** : Panneaux de remplissage en béton préfabriqué ou en maçonnerie traditionnelle
- **Matériaux utilisés pour la construction et l'installation** : béton, briques, blocs de béton manufacturés (BBM)
- **Systèmes techniques d'utilisation du bâtiment pour assurer le confort intérieur et la sécurité de fonctionnement du bâtiment** : Chauffage individuel au gaz de ville alimenté par une chaudière centrale, système de ventilation et d'extraction sur les plateaux techniques.

2. Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)

a) Identifier les pathologies en fonction du niveau de risque pour chaque élément porteur :

- **Catégorie de risque :** par rapport au tableau ci-dessous, le bâtiment analysé appartient à la *catégorie de risques R3 : Etat moyen de conservation : risque pour les objets*

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	 Mauvais état de conservation : risque pour les personnes et les objets	12 mois
R2	 Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs	1- 2 ans
R3	 Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	 Défaut non-impactant si ce n'est esthétique	10 ans

- **Analyse des pathologies dans :**
- La maçonnerie : de nombreuses fissures esthétiques mais aussi des fissures profondes. De nombreuses armatures sont exposées et oxydées en raison d'un mauvais enduit et de la réaction de la maçonnerie au sel ambiant, étant en bord de mer.



- Le béton : nombreuses fissures esthétiques mais aussi profondes sur de nombreux éléments structurels tels que les fondations, les dalles et les colonnes.



- L'isolation : l'isolation est très faible ou inexistante. Lorsqu'elle existe, elle est en mauvais état et en contact avec de nombreux éléments extérieurs en raison de problèmes d'étanchéité.

- **Les pathologies sont dues à :**
- L'humidité : de nombreux problèmes d'humidité dus à des remontées capillaires ou à des problèmes d'étanchéité.



- L'hygrométrie : nombreuses plaques de moisissures et de salpêtre sur les plafonds et au niveau des joints des menuiseries.



- Evolution des fissures : malgré des réparations provisoires, de nombreuses fissures se sont élargies et ont entraîné d'autres fissures. De nombreux raccords deviennent apparents



- Efficacité du chauffage : système de chauffage insuffisant en raison de nombreux problèmes dans les circuits d'eau chaude (boues). Chaudière en mauvais état et en fin de vie.

- Efficacité de la ventilation : manque de ventilation naturelle et absence de ventilation mécanique dans de nombreuses parties du bâtiment.

b) Travaux de réparation nécessaires :

- **Réparation de l'acier, béton armé et revêtement de surface :**
- Application d'un produit de protection sur les armatures apparentes et d'un mortier de réparation sur le béton. (Exemple de produit = « Sikagard 706 Thixo »)
- **Réparation des joints de maçonnerie :**
- Remplissage des fissures stabilisées
- Mortier de réparation renforcé par des fibres dans les fissures stabilisées avec un liant appliqué au préalable (« Sikalatex »)
- **Passivation de la rouille des structures métalliques**
- Application d'un produit de cure, injection de résine ou mortier de réparation ; membrane de protection en fibres.
- **Changement de l'isolation par rapport à la situation (intérieure ou extérieure) :**
- Isolation thermique par l'extérieur (bardage ou finition d'enduit) pour empêcher le froid de pénétrer dans le bâtiment et maintenir la surface totale des salles de classe.

PLAN DE RENOVATION

- **Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton**

La meilleure solution serait d'isoler thermiquement par l'extérieur.

Il existe 3 méthodes pour installer une ITE :

- **Par système d'enduit** : Qu'il s'agisse d'un enduit minéral ou hydraulique, l'enduit de finition est la technique la moins chère et offre de nombreuses possibilités de finition. Qu'il soit collé, fixé sur des profilés ou chevillé, c'est au client, avec les conseils du constructeur, de choisir la méthode souhaitée.
- **Par système de revêtement** : Cette technique ne nécessite qu'une seule application sur la façade et se compose de deux éléments isolants. Elle agrémente une maison en offrant une riche gamme de décoration et une excellente isolation extérieure.
- **Par système de bardage** : Avantage supplémentaire de caractère pour une maison sans charme, le bardage est une solution d'isolation esthétique et facile à installer. Bois, métal ou tuile, il offre également un large éventail de choix et une isolation infaillible.

Cette solution est la plus adaptée pour garder la chaleur, réduire les ponts thermiques et réguler l'humidité.

La réparation des fissures et l'application du produit de protection sur les châssis se font au préalable et seront ensuite protégées par le bardage.

- **Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation**
 - a. Enumérez les techniques qui permettent d'améliorer les systèmes de chauffage et la ventilation :
 - **Installer des panneaux solaires sur tous les toits-terrasses et des chauffe-eaux solaires ; peindre les toits-terrasses en blanc pour éviter l'accumulation de chaleur en été.**

ETUDE DE CAS

Maison d'habitation, Le Havre, France



Image 1 : maison d'habitation / LE HAVRE

PHASE DE DIAGNOSTIC

- **Analyse des typologies des bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter**

- a) Description du bâtiment :

- **Age :** entre 60 et 70 ans
 - **Localisation :** Le Havre
 - **Etat actuel :** En état fonctionnel malgré de nombreuses fissures dans les sols et les murs, qui présentent eux-mêmes de nombreux problèmes de remontées capillaires.
 - **Usage :** immeuble privé

- b) Informations techniques : aperçu

- **Structures porteuses et de bardage :** Structure en blocs de béton manufacturés recouverts d'un enduit de façade et d'un bardage en bois sur une partie
 - **Remplissages et limites du bâtiment :** Panneaux de remplissage en béton préfabriqué ou en maçonnerie traditionnelle
 - **Matériaux utilisés pour la construction et l'installation :** Béton, briques, blocs de béton manufacturés (BBM)
 - **Systèmes techniques d'utilisation du bâtiment permettant d'assurer le confort intérieur et la sécurité de fonctionnement :** Chauffage individuel au gaz de ville alimenté par une chaudière, système de ventilation mécanique contrôlée dans les salles d'eau.

- **Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)**

a) Identifiez les pathologies en fonction du niveau de risques pour chaque élément porteur :

- **Catégorie de risques** : par rapport au tableau ci-dessous, le bâtiment analysé appartient à la *catégorie de risques R3 et 4*

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	 Mauvais état de conservation : risque pour les personnes et les objets	12 mois
R2	 Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs	1- 2 ans
R3	 Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	 Défaut non-impactant si ce n'est esthétique	10 ans

- **Analyse des pathologies dans :**
- La maçonnerie : De nombreuses fissures esthétiques mais aussi des fissures profondes notamment dues à la réaction de la maçonnerie au sel ambiant, au fait d'être en bord de mer et aux mouvements de terrain, voire à des fondations certainement inadaptées.

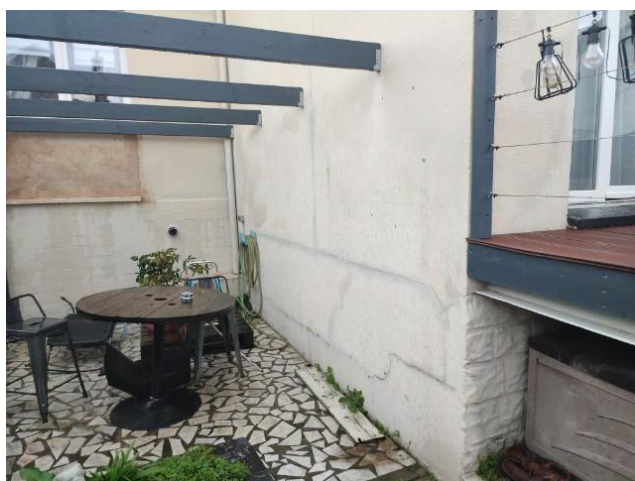


- Le béton : Nombreuses fissures esthétiques mais aussi profondes sur de nombreux éléments structurels tels que les fondations, les dalles et les linteaux.



- L'isolation : L'isolation est très mauvaise ou inexistante. Lorsqu'elle existe, elle est en mauvais état et en contact avec de nombreux éléments extérieurs en raison de problèmes d'étanchéité.

- **Les pathologies sont dues à :**
- L'humidité : nombreux problèmes d'humidité dus à des remontées capillaires ou à des problèmes d'étanchéité.



- L'hygrométrie : nombreuses plaques de moisissures et de salpêtre sur les plafonds et au niveau des joints des menuiseries



- L'évolution des fissures : malgré des réparations provisoires, de nombreuses fissures se sont élargies et ont entraîné d'autres fissures



- L'efficacité du chauffage : système de chauffage insuffisant en raison de nombreux problèmes avec une chaudière en mauvais état et arrivant en fin de vie, ainsi qu'une mauvaise isolation qui fait du bâtiment une « passoire thermique ».
- L'efficacité de la ventilation : problèmes de ventilation mécanique dans de nombreuses parties du bâtiment.

b) Travaux de réparation nécessaires :

- **Réparation de l'acier, du béton armé et du revêtement de surface :**
- Application d'un produit de protection sur les armatures exposées et ravalement de façade avec enduit d'étanchéité.
- **Réparation des joints de maçonnerie :**
- Remplissage des fissures stabilisées avec du mortier de réparation à base de fibres ou du mastic
- **Passivation de la rouille de la structure métallique**
- Application d'un produit de cure, injection de résine ou de mortier de réparation ; membrane de réparation en fibres.
- **Changement d'isolation en fonction de la situation (intérieure ou extérieure) :**
- Isolation thermique par l'extérieur (bardage ou finition d'enduit) pour empêcher le froid de pénétrer dans le bâtiment et maintenir la surface totale des pièces.

PLAN DE RENOVATION

3. Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton

L'idéal serait, après avoir réparé les éléments structurels, d'isoler par l'extérieur.

Il existe 3 méthodes pour installer une ITE :

- **Par système d'enduit** : Qu'il s'agisse d'un enduit minéral ou hydraulique, l'enduit de finition est la technique la moins chère et offre de nombreuses possibilités de finition. Qu'il soit collé, fixé sur des profilés ou chevillé, c'est au client, avec les conseils du constructeur, de choisir la méthode souhaitée.
- **Par système de revêtement** : Cette technique ne nécessite qu'une seule application sur la façade et se compose de deux éléments isolants. Elle agrmente une maison en offrant une riche gamme de décorations et une excellente isolation extérieure.
- **Par système de bardage** : Avantage supplémentaire de caractère pour une maison sans charme, le bardage est une solution d'isolation esthétique et facile à installer. Bois, métal ou tuile, il offre également un large éventail de choix et une isolation infaillible.

Cette solution est la plus adaptée pour garder la chaleur, réduire les ponts thermiques et réguler l'humidité.

La réparation des fissures et l'application du produit de protection sur les châssis se fait au préalable et sera ensuite protégée par le bardage.

4. Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

a) Enumérez les techniques qui permettent d'améliorer les systèmes de chauffage et de ventilation :

Changer la chaudière pour un appareil gaz à condensation ou basse température et revoir l'ensemble du système de ventilation pour contrôler l'humidité du bâtiment.

ETUDE DE CAS (PL)

Bâtiment à Lodz à usage résidentiel



Photo 1. Bâtiment à usage résidentiel à Lodz, comprenant une institution de santé publique au rez-de-chaussée.

PHASE DE DIAGNOSTIC

- **Analyse des typologies de bâtiments en béton à régénérer / réhabiliter**

a) Description du bâtiment :

- **Age :** 1961
- **Localisation :** Lodz, Pologne
- **Etat actuel :** Le bâtiment est en mauvais état général à l'extérieur. Il n'y a pas de signes de dommages sur la structure porteuse des murs et des planchers, qui sont constitués de grandes dalles préfabriquées en béton armé. L'inspection préliminaire a révélé des problèmes au niveau des structures des balcons, la dégradation des fenêtres du sous-sol, des infiltrations d'eau, du fer exposé et très endommagé, de la végétation sauvage causant des dommages et de l'humidité aux fondations et aux murs.
- **Usage :** résidentiel, bâtiment isolé, multifamilial, 5 étages, avec sous-sol, 3 segments ; une institution de santé publique se trouve au rez-de-chaussée.

b) Informations techniques : aperçu

- **Structures porteuses et de revêtement :** construction en gros blocs. Éléments structurels du bâtiment, par exemple fondations - semelles en béton armé coulé, murs de sous-sol - béton armé préfabriqué, murs porteurs et extérieurs - grandes dalles en béton armé préfabriqué, murs de séparation - briques perforées et pleines, métal.
- **Matériaux utilisés pour la construction et l'installation :** ciment, béton, briques perforées, briques pleines, métal.
- **Systèmes techniques pour l'utilisation du bâtiment afin d'assurer son confort intérieur et la sécurité de son fonctionnement :** le bâtiment est

raccordé au réseau de chauffage municipal (eau chaude), qui alimente tous les appartements en eau chaude sanitaire et en chauffage pendant la saison hivernale. Autres installations alimentant le bâtiment : électricité, gaz, eau froide, égouts. Le renouvellement de l'air dans le bâtiment est assuré par un système de ventilation par gravité, amené à chaque appartement et au sous-sol. Il n'y a pas de système central de climatisation et seuls quelques appartements ont leur propre appareil de climatisation installé (voir photos). Le bâtiment est dépourvu de certaines installations de sécurité opérationnelles vitales, par exemple un réseau de gicleurs d'incendie.



Photo 2. Appareil de climatisation individuel (de type split).

- **Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)**

a. Identifiez les pathologies en fonction du niveau de risques pour chaque élément porteur :

Le bâtiment analysé appartient à la **catégorie de risques R2** : *Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs (1-2 ans)*.

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	 Mauvais état de conservation : risque pour les personnes et les objets	12 mois
R2	 Anomalie sur les éléments porteurs évolutifs	1- 2 ans
R3	 Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	 Défaut non-impactant si ce n'est esthétique	10 ans

- **Analyse des pathologies dans :**
- Les maçonneries : dégradation de la structure des fenêtres du sous-sol et détérioration du plâtre des murs extérieurs.



Photo 3. Dégradation de la structure des fenêtres du sous-sol due à l'infiltration d'eau et à la force mécanique



Photo 4. Murs extérieurs montrant l'état de détérioration du plâtre dû à la couche mince et à l'humidité

- Le béton : bien que la structure porteuse en béton du bâtiment ne présente aucun signe de dommage, les murs de fondation en béton et les murs extérieurs montrent des signes visibles d'infiltration d'eau ; tous les balcons et la plate-forme d'entrée de l'établissement de santé publique du rez-de-chaussée présentent des fissures et des décollements ainsi que du fer d'armature exposé et rouillé.



Photo 5. Plate-forme d'entrée présentant des décollements ainsi que des fers à béton exposés et rouillés



Photo 6. Balcons présentant des fissures et des décollements ainsi que du fer d'armature exposé et rouillé



Photo 7. Le mur de fondation en béton présente des signes visibles de présence d'humidité ascendante

- L'isolation : manque d'isolation extérieure et dommages aux solins en tôle, ce qui entraîne des problèmes d'humidité extérieure et intérieure ainsi qu'une mauvaise efficacité du chauffage.



Photo 8. Manque d'isolation extérieure et dommages aux solins en tôle, entraînant des problèmes d'humidité à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

- Menuiserie : les menuiseries des fenêtres et des portes ainsi que les appuis de fenêtre sont anciens et gravement endommagés, ce qui entraîne une mauvaise efficacité du chauffage et un confort d'habitation insatisfaisant.



*Photo 9. Une vieille
fenêtre en très mauvais
état, avec de la peinture
écaillée et des dommages
aux solins métalliques, le
tout dû à l'absence
d'entretien régulier et
approprié*

- Gouttières, tuyaux de descente et drains : dommages entraînant des infiltrations d'eau



Photos 10-11. Dommages causés à un tuyau d'évacuation par le gel ou une force mécanique, entraînant une augmentation de la pénétration de l'eau dans les murs de fondation et, par conséquent, une augmentation de l'humidité.

- **Les pathologies sont dues à :**

- L'humidité et les conditions météorologiques : présence d'humidité ascendante et altérante, entraînant des conséquences hygrométriques dans les appartements ; gel en hiver.



Photo 12. Humidité due aux intempéries et dommages aux solins de toiture.

- Végétation sauvage : cause des dommages et de l'humidité aux fondations et aux murs



Photo 13. Arbres et buissons auto-ensemencés détruisant les structures en briques des soupiraux et permettant la pénétration de l'eau dans les murs.

- Fissures : des fissures et des décollements ainsi que du fer d'armature exposé et rouillé sont présents sur les balcons et sur une plate-forme d'entrée.



Photo 14. Le balcon présente des signes de détachements de béton dus à l'usure et des solins métalliques endommagés, soumis pour la plupart à des infiltrations d'eau ; présence de nids de gravier dus au mélange inadéquat.

- Inefficacité de la ventilation : le système de ventilation est ancien, inefficace et provoque une augmentation de l'humidité à l'intérieur du



Photo 15. Le système de ventilation est obsolète et nécessite un audit et un remplacement.

- Inefficacité du chauffage : l'efficacité énergétique et thermique du bâtiment et de ses appartements est extrêmement faible en raison de l'absence d'une isolation adéquate et de l'état dégradé de la menuiserie des fenêtres et des portes, ainsi que des appuis de fenêtre.

a) Travaux de réparation nécessaires :

- **Réparation de l'acier, du béton armé et du revêtement de surface :**
- Chemises ou colliers en acier renforcé
- Renforcement des murs en béton
- Renforcement des nœuds avec des Polymères Renforcés de Fibres
- Renforts en acier pour augmenter la ductilité globale et la capacité de dissipation
- Bandage par injection de résine avec des Polymères Renforcés de Fibres (PRF)
- **Réparation des joints de maçonnerie :**
- Remplissage des fissures stabilisées
- Injection de résine
- Renforcement avec des Polymères Renforcés de Fibres
- **Changement d'isolation en fonction de la situation (intérieure ou extérieure) :**
- Besoin d'enduits extérieurs après la rénovation des structures et des murs porteurs.
- Prévoir un système d'efficacité énergétique avec chaudière à condensation ou pompes à chaleur.

a) Travaux de réparation nécessaires :

- **Humidité sur les murs de fondation du bâtiment :**
- Elimination de la végétation sauvage poussant dans les éléments du bâtiment et à proximité immédiate
- Création d'une bande de drainage et d'étanchéité en dalles de béton
- Remplacement de l'isolation verticale et horizontale par une nouvelle isolation.
- **Réparation des structures des fenêtres du sous-sol :**
- Rebouchage et enduit des fenêtres du sous-sol avec un enduit en béton de haute qualité
- Remplacement de toutes les grilles par des neuves.
- **Humidité sur les murs extérieurs :**
- Remplacement des solins de la toiture et à chaque niveau d'étage.
- **Gouttières, tuyaux de descente et d'évacuation :**
- Remplacement des tuyaux anciens et endommagés par de nouveaux, y compris les solins métalliques (pose de bandes de gouttières et de sur-gouttières).
- **Réparation des balcons :**
- Réalisation d'une expertise de l'état technique des balcons et de leurs réparations éventuelles
- Réparation ou remplacement des dalles de balcon endommagées par des dalles neuves (selon l'avis de l'expert) ou décision de supprimer les balcons.
- **Menuiserie des fenêtres et des portes :**
- Remplacement des anciennes fenêtres et portes par de nouvelles fenêtres offrant des paramètres thermiques et acoustiques élevés, par exemple des fenêtres passives à triple vitrage
- Installation de nouveaux appuis de fenêtres

- Travaux de maçonnerie après le remplacement des fenêtres et des portes (ponçage lisse sans remplissage).
- **Thermo-modernisation du bâtiment :**
- *Avant le début de la thermo-modernisation, les travaux suivants doivent être réalisés :*
- Isolation des murs de fondation
- Démontage des solins, appuis de fenêtre, garde-corps de balcon, installation de protection contre la foudre
- Isolation des murs de fondation en dessous du point de gel, c'est-à-dire à 1,2 m sous le niveau du sol, avec des panneaux XPS en polystyrène extrudé de 12 cm d'épaisseur avec une conductivité thermique
- Isolation des murs extérieurs du rez-de-chaussée avec une couche de polystyrène extrudé XPS de 12 cm d'épaisseur
- Isolation des embrasures de fenêtres et de portes avec une couche de polystyrène expansé autoextinguible de 5 cm d'épaisseur
- Finition de la surface des murs avec un enduit silicone de 1,5 mm d'épaisseur
- Finition de la surface des plinthes avec du plâtre mosaïque
- Isolation thermique du toit avec des granulés de laine minérale d'une épaisseur de 22 cm selon la méthode de soufflage
- Isolation thermique du plafond du sous-sol avec de la laine minérale de 11 cm d'épaisseur
- Travaux de finition - en raison de l'augmentation de la couche d'isolation, il sera nécessaire de remplacer les solins et les appuis de fenêtre existants par de nouveaux, ainsi que de procéder à une rénovation complète des balcons. Il faudra également mettre en place un nouveau système de protection contre la foudre et construire des blocs de béton autour du bâtiment.

PLAN DE RENOVATION

2. Techniques de rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton.

Suggestion des technologies les plus appropriées pour la récupération d'énergie et l'élimination des pathologies identifiées.

Comme décrit dans la section ci-dessus, un plan de rénovation est nécessaire et doit inclure :

- La modernisation thermique du bâtiment
- L'élimination de la végétation sauvage qui pousse dans les éléments du bâtiment et à proximité immédiate
- La réparation et le déblocage du drainage autour du bâtiment
- Création d'une bande de drainage et d'étanchéité en dalles de béton
- Remplacement de l'isolation verticale et horizontale par une nouvelle isolation
- Le nettoyage des structures et des éléments en métal et en maçonnerie
- Le rebouchage et le crépissage des fenêtres du sous-sol avec un enduit en béton de haute qualité
- Le remplacement de toutes les grilles par des grilles neuves
- Le remplacement des solins de toiture et à chaque niveau d'étage

- Le remplacement des tuyaux anciens et endommagés par des nouveaux, y compris les solins métalliques (pose de bandes de gouttières et de sur-gouttières)
- La réparation et le remplacement des dalles de balcon endommagées par des dalles neuves ou décision de supprimer les balcons
- Remplacement des anciennes portes et fenêtre par des nouvelles

a) Enumérez les techniques de récupération des bâtiments en béton armé :

- Revêtements en béton armé avec des matériaux d'isolation thermique
- Bandage partiel avec des Polymères Renforcés de Fibres
- Renforcement des nœuds avec des Polymères Renforcés de Fibres
- Murs en béton armé
- Contrevents en acier
- Insertion de panneaux muraux
- Contreforts extérieurs.

b) Enumérez les techniques d'isolation :

- Thermo-modernisation avec du polystyrène, de la laine ou de la mousse PUR
- Insufflations
- Cavité avec maçonnerie isolée
- Revêtement thermique avec différents matériaux.

3. Régénération énergétique : différents systèmes de ventilation.

Suggestions pour remplacer les systèmes de ventilation par des technologies plus récentes

a) Enumérez les techniques permettant d'améliorer la ventilation :

- Isoler thermiquement les installations techniques pour un meilleur rendement

MODELE D'ETUDE DE CAS

PHASE DE DIAGNOSTIC

- **Analyse des typologies de bâtiments en béton à régénérer/ réhabiliter**

a) Description du bâtiment :

- Age (*veuillez indiquer l'année approximative de construction*)
- Localisation (*ville et pays*)
- Etat actuel (*3/4 lignes de vue d'ensemble du bâtiment, il apparaît en bon/mauvais état, on observe des fissures dans la surface en béton, suspicion d'infiltration*)
- Usage (*public, privé ?*)

b) Informations techniques : aperçu des

- Structures porteuses et de revêtement
- Remplissages et des limites des bâtiments
- Matériaux utilisés pour leur construction et leur installation
- Systèmes techniques d'utilisation du bâtiment pour assurer le confort intérieur et la sécurité de fonctionnement du bâtiment

(Il ne s'agit ici que de fournir un aperçu, chacun des points mentionnés ci-dessus sera expliqué plus loin. Soyez donc concis avec un maximum de 3/4 lignes par points).

**2. Analyse des pathologies des bâtiments en béton (bâtiment en maçonnerie)
(pathologies, y compris humidité et matériaux)**

a) Identifier les pathologies en fonction du niveau de risques pour chaque élément porteur (uniquement R3 et R4) :

Niveau de risques	Description	Intervention
R1	<i>Mauvais état de conservation : Risques pour les personnes et les objets</i>	<i>12 mois</i>
R2	<i>Problèmes sur les éléments porteurs évolutifs</i>	<i>1 à 2 ans</i>
R3	Etat moyen de conservation : risque pour les objets	5 ans
R4	Défauts non-impactant, autre qu'esthétique	10 ans

- Analyse des pathologies dans : *(veuillez lister l'ensemble des pathologies en suivant les points énumérés ci-dessous – si l'un d'entre eux n'est pas pertinent, omettez-le. Longueur suggérée de 15 lignes par point traité. Des photos sont fortement recommandées).*
 - La maçonnerie
 - Le béton
 - L'isolation

- En raison de : *(veuillez lister l'ensemble des pathologies en suivant les points énumérés ci-dessous – si l'un d'entre eux n'est pas pertinent, omettez-le. Longueur suggérée de 10 lignes par point traité. Des photos sont fortement recommandées).*
 - L'humidité
 - L'hygrométrie
 - L'évolution des fissures
 - L'efficacité du chauffage
 - L'efficacité de la ventilation

- b) Travaux de réparation nécessaires :** *(veuillez décrire les travaux de réparation nécessaires en suivant la liste ci-dessous – si un des points n'est pas pertinent, omettez-le. Longueur suggérée de 5 lignes par point traité).*
 - Réparation de l'acier, du béton armé et du revêtement de surface
 - Réparation des joints de maçonnerie. Remplissage des fissures stabilisées
 - Passivation de la rouille des structures métalliques
 - Réparation des greffes de structures en bois
 - Changement de l'isolation en fonction de la situation (intérieure ou extérieure)
 - Autre

PLAN DE RENOVATION

3. Techniques for rénovation et de régénération énergétique des bâtiments en béton

Suggestion des techniques les plus appropriées pour la récupération d'énergie et l'élimination des pathologies identifiées (en se référant au dernier point de la section ci-dessus – Travaux de réparation nécessaires, veuillez choisir dans la liste ci-dessous les techniques que vous utiliserez et expliquez pourquoi. Longueur libre).

- Enumérez les techniques de rénovation pour les bâtiments en béton armé :
- Injections de résine
- Revêtements en béton renforcés avec des matériaux d'isolation thermique
- Bandage partiel avec des Polymères Renforcés de Fibres
- Renforcement des nœuds avec des Polymères Renforcés de Fibres
- Renforcement des parois en béton
- Renforts en acier
- Insertion de panneaux muraux
- Contreforts extérieurs

- Enumérez les techniques d'isolation :
- Panneaux isolants insérés directement dans l'armature ou collés ultérieurement, afin de réduire les ponts thermiques
- Insufflations
- Cavité avec maçonnerie isolée
- Revêtement thermique avec différents matériaux

4. Régénération énergétique : différents systèmes de chauffage et de ventilation

Suggestions pour remplacer les systèmes de chauffage avec des technologies plus récentes, offrant une meilleure efficacité (veuillez choisir dans la liste ci-dessous les techniques que vous utiliseriez pour améliorer le système de chauffage et expliquer pourquoi. Longueur libre).

- a) Enumérez les techniques permettant d'améliorer les systèmes de chauffage et de ventilation pour :

- Isoler thermiquement les installations techniques pour une plus grande efficacité énergétique
- Améliorer l'efficacité des systèmes de chauffage, de ventilation, de refroidissement et de chauffage résiduel du bâtiment.