

# Rapport de recherche

Vers une rénovation circulaire : Processus, stratégies et outils mobilisés dans le cadre de la transformation d'un duplex résidentiel à Montréal

Équipe solution #9  
Duplex circulaire

Étape : Rapport final  
Février 2024



Le lab construction est un projet du Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire de l'ÉTS (CERIEC).

## Équipe de recherche:

### **Bechara Helal, Ph. D.**

Co-directeur du projet

Professeur agrégé

École d'architecture, Université de Montréal

### **Alexandre Landry**

Co-directeur du projet

Alexandre Landry Architecte

### **Joëlle Tétreault**

Assistante de recherche

Étudiante à la maîtrise en architecture, Université de Montréal

### **Marc-Antoine Fournier**

Assistant de recherche

Étudiant à la maîtrise en architecture, Université Waterloo

## Partenaires et collaborateurs :

### **Francis Rollin**

Atelier ¾ Fort, Conception en architecture et recherche

### **Éloi Ménard**

Construction ¾ Fort, Construction et recherche

### **Marie-Laure Blaise**

MLBA, Collaboration en architecture

### **Ève Champagne**

RÉCO (anciennement ÉCO-RÉNO), Organisme partenaire

## Équipe solution #9:

Hortense Montoux, CERIEC

Alice Rabisse, CERIEC

## Rédaction du rapport:

Bechara Helal

Joëlle Tétreault

# Table des matières

SOMMAIRE.....	3
1. INTRODUCTION.....	5
2. PROJET DE RECHERCHE.....	7
<b>2.1. DESCRIPTIF</b> .....	7
<b>2.2. OBJECTIFS</b> .....	7
<b>2.3. RAYONNEMENT</b> .....	7
3. ÉTAT DES LIEUX INITIAL .....	10
<b>3.1. ATTENTES INITIALES</b> .....	10
<b>3.2. CONDITIONS D’INTERVENTION</b> .....	10
<b>3.3. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES</b> .....	11
<b>3.4. CONDITIONS MATÉRIELLES</b> .....	12
4. DÉVELOPPEMENT DU PROJET.....	15
<b>4.1. HISTORIQUE DES PROPOSITIONS</b> .....	15
<b>4.2. ÉTAPE 1 : PROPOSITIONS CONCEPTUELLES 1</b> .....	15
<b>4.3. ÉTAPE 2 : STRATÉGIES GLOBALES</b> .....	17
<b>4.4. ÉTAPE 3 : PROPOSITIONS CONCEPTUELLES 2</b> .....	22
<b>4.5. ÉTAPE 4 : COORDINATION DE RECHERCHE</b> .....	24
<b>4.6. ÉTAPE 5 : PROPOSITION D’AMÉNAGEMENT (DEMANDE DE PERMIS)</b> .....	26
<b>4.7. ÉTAPE 6 : PROJET POUR CONSTRUCTION</b> .....	31
<b>4.8. ÉTAPE 7 : MISE EN ŒUVRE</b> .....	33
5. RÉSULTATS.....	34
<b>5.1. PROCESSUS</b> .....	34
<b>5.2. STRATÉGIES</b> .....	35
6. ENJEUX.....	47
<b>6.1. EXIGENCES DU CLIENT</b> .....	47
<b>6.2. GESTION DE L’INCONNU</b> .....	47
<b>6.3. NUMÉRISATION DU DOMAINE DE LA CONSTRUCTION</b> .....	49
<b>6.4. CHAINES D’APPROVISIONNEMENT CIRCULAIRES</b> .....	50
<b>6.5. OUTILS DE COMMUNICATION</b> .....	50
7. CONCLUSION .....	51
RÉFÉRENCES.....	53
ANNEXE : PROGRAMME INITIAL FOURNI PAR LES CLIENTS.....	54

Un document séparé constitué du dossier définitif en architecture est disponible en complément au présent rapport.

## SOMMAIRE

*Duplex circulaire* est un projet de rénovation circulaire portant sur un plex résidentiel montréalais. Il s'inscrit dans le cadre global du Lab Construction, une initiative du CERIEC visant à développer l'économie circulaire dans le domaine de la construction à travers des projets expérimentaux liant action et recherche sur le terrain. Le projet rend concrète la solution #9, intitulée « Faire la rénovation circulaire d'un bâtiment », dans le contexte de cette initiative.

La commande architecturale de ce projet ressemble à celle que reçoivent très régulièrement les professionnels. Un couple, ayant acheté et occupant un duplex depuis quelques années, voit ses besoins changer : la famille s'agrandit et les enfants grandissent. Les clients souhaitent alors réaménager l'espace pour répondre à une nouvelle manière de vivre. Ils disposent d'un budget réaliste mais modeste qui permet des transformations intérieures et extérieures. Dans le contexte d'un projet de recherche, ce projet « comme tous les autres » devient une réelle opportunité de trouver des solutions qui pourront être déclinées dans un grand nombre de projets similaires, créant ainsi un réel impact social et environnemental positif par l'architecture.

Après une présentation globale du projet (descriptif, objectifs, activités de rayonnement), le présent rapport décrit les grandes étapes du projet, en commençant par l'évaluation de l'état initial du bâti existant, une étape essentielle de tout projet intervenant dans un contexte construit. Les différentes phases qui ont structuré le travail entre septembre 2022 et décembre 2023 sont décrites, tout en faisant ressortir les enjeux et problématiques ainsi que les décisions prises et les acquis théoriques. Au-delà des phases normales d'un projet architectural, des étapes davantage liées à la recherche sont décrites, comme, dans un premier temps, un contact avec l'équipe solution #6 du Lab Construction (« Bâtiments adaptables et démontables ») en lien avec la revue de littérature sur les bâtiments adaptables et une coordination de recherche avec l'équipe solution #8A (« Traçabilité des matériaux ») en lien avec la mise en place d'un outil de mesure d'indice de circularité pour informer les prises de décision tout au long du processus de conception.

Les résultats de la recherche se déclinent en trois parties qui touchent tour à tour les *processus* de conception, les *stratégies* d'intervention et les *enjeux* liés à la rénovation circulaire. Dans un premier temps, le rapport présente un compte rendu de l'expérimentation d'un mode de réalisation suivant un processus de conception intégrée (PCI) mobilisant des expertises de divers domaines qui supportent l'application des principes de l'économie circulaire en conception, fabrication et construction.

Dans un second temps, le rapport présente les principes opératoires qui ont été élaborés dans le contexte du projet. Cette section inclut une réflexion sur les approches globales distinctes que sont les « interventions minimales » et les « interventions concentrées », ainsi qu'une liste de stratégies d'intervention spécifiques composée des opérations suivantes :

1. Refuser de démolir
2. Identifier les éléments fixes
3. S'insérer dans l'existant
4. Découper des éléments existants
5. Dégarnir des éléments existants
6. Étirer des ouvertures existantes
7. Prolonger la durée de vie.

Enfin, dans un troisième temps, le rapport identifie les éléments et enjeux qui favorisent ou freinent la complétion d'une rénovation de bâti existant dans une perspective d'économie circulaire. Si le premier de ces

enjeux est en lien avec les exigences de preneurs de décision principaux que sont les donneurs d'ouvrage, le plus important reste la gestion de l'inconnu qui est décliné sur plusieurs thèmes : l'état du bâti existant sur lequel la rénovation est opérée, la fluctuation de la chaîne d'approvisionnement circulaire et la variation dans les produits qu'elle permet de mobiliser, la mesure de la circularité d'un projet, et la documentation en lien avec la construction du projet. Certains de ces volets ouvrent des pistes qui peuvent être mobilisées pour favoriser l'adoption d'une approche circulaire dans la rénovation de bâtiments existants.

Le programme initial du projet tel que fourni par les clients est en annexe du rapport. Un document séparé constitué du dossier définitif en architecture est également disponible en complément au présent rapport.

## 1. INTRODUCTION

*Duplex circulaire* est un projet de rénovation résidentielle en contexte urbain à Montréal. Cette intervention s'inscrit dans un contexte global de rénovations essentielles pour maintenir la qualité du parc immobilier résidentiel existant, en constant vieillissement. La multiplication des chantiers dans la métropole ébranle l'environnement dans cette ville où les besoins changeants se mêlent à une population vieillissante. La commande est similaire à plusieurs autres projets: réaménager un duplex pour répondre à une nouvelle manière de vivre.

Le projet s'appuie sur différents objectifs de la construction circulaire dans un cadre collaboratif qui vise la création de nouvelles connaissances ainsi que la transition vers des pratiques plus durables en architecture et en construction. L'objectif est de concevoir un modèle de rénovation à partir d'un projet conventionnel, ayant le potentiel d'être répliqué au profit d'un impact environnemental positif. Dans le cadre plus global du Laboratoire d'accélération Construction du CERIEC, ce projet aborde des éléments précis en ce qui a trait aux stratégies circulaires, aux échelles d'intervention ainsi qu'aux maillons de la chaîne de valeur. Le projet s'inscrit dans une vision globale de l'économie circulaire et explore des stratégies pour promouvoir une gestion durable des ressources.

Les objectifs globaux du projet sont :

- **Expérimenter** dans le cadre d'un projet typique de rénovation résidentielle un mode de construction circulaire.
- **Identifier et mesurer** les obstacles et opportunités à l'adoption de ce type de pratique par les professionnels.
- **Documenter et diffuser** les apprentissages issus d'un processus de cocréation entre des experts du secteur (outils analytiques; stratégies opératoires; systèmes techniques).
- **Créer** un projet qui contribue à défaire la perception populaire qu'une architecture issue du recyclage est de moindre qualité.

Les trois stratégies de circularité impliquées dans ce projet sont l'approvisionnement responsable, l'optimisation des opérations et la réparation des infrastructures existantes :

- **L'approvisionnement responsable** est de repenser les sources en question en privilégiant des partenaires engagés dans des pratiques durables, afin de réduire l'empreinte écologique liée à l'acquisition de matériaux de construction.
- **L'optimisation des opérations** intervient à différentes échelles, de la gestion des matériaux à celle des bâtiments et du secteur dans son ensemble afin de minimiser les pertes et favoriser la réutilisation des matériaux.
- **La réparation** vise à prolonger la durée de vie des infrastructures en facilitant notamment leur réparation afin de réduire la nécessité de remplacements par de nouveaux éléments.

Le projet aborde également différentes échelles d'intervention, en mettant l'accent sur les matériaux, le bâtiment, mais aussi l'ensemble du secteur de la construction. Cette approche vise à prendre en compte les enjeux de durabilité à plusieurs étapes du processus de conception. Les maillons de la chaîne de valeur s'étendent de la conception à la déconstruction, en passant par le choix des matériaux et le réemploi.

Le document qui suit présente le rapport de recherche comprenant :

- a) Une analyse de l'état initial du bâtiment considéré du point de vue de son potentiel d'adaptabilité;
- b) Un descriptif des décisions prises lors de des différentes étapes du projet (esquisse, design, construction) accompagné des outils qui ont motivé ces décisions; et
- c) Un registre des matériaux et systèmes à potentiel de circularité qui ont été mobilisés dans le cadre du projet.

L'ensemble de ces éléments permet d'explicitier un éventail d'outils analytiques, de stratégies opératoires et de systèmes techniques permettant de maximiser les logiques d'économie circulaire dans une intervention à petite échelle sur un bâti existant. Les étapes clé du projet sont documentées et décrites dans le rapport qui est accompagné du dossier définitif en architecture contenant les dessins architecturaux et documents connexes qui décrivent tout ce que comprend l'exécution du projet tels que les plans des étages, les coupes, les détails de construction et d'assemblage ainsi que le devis définitif. À travers le rapport, du matériel de diffusion graphique (comprenant illustrations, diagrammes et dessins architecturaux) permet de vulgariser le concept architectural circulaire développé par l'équipe afin de le rendre accessible pour différentes parties prenantes. Des pistes de solutions ainsi que des recommandations pour de futurs projets pilotes basées sur les résultats et les enjeux rencontrés dans ce projet sont présentées en conclusion de ce rapport.

## 2. PROJET DE RECHERCHE

### 2.1. DESCRIPTIF

Le projet de recherche a débuté en mai 2022 pour se conclure en février 2024. Il porte sur la rénovation d'un duplex (anciennement un triplex), dans le quartier Villeray, suite à la commande formulée par les propriétaires occupants (un couple et leurs trois enfants). Le bâtiment sujet à l'intervention dans ce projet est typique de la typologie d'un plex montréalais. Les recherches réalisées permettent d'établir la date de construction initiale du bâtiment vers la fin des années 1920.

Ce type de projet implique nécessairement une proximité entre le donneur d'ouvrage et l'équipe de conception. L'expérimentation sur le terrain occupe ainsi une grande place dans le déroulement du projet, notamment pour démontrer l'application concrète de principes d'économie circulaire dans un processus de conception.

### 2.2. OBJECTIFS

L'objectif principal de cette recherche est de développer un cadre de conception circulaire à partir des sous-objectifs suivants :

- **Tester une méthodologie de projet** (processus de conception intégrée, PCI) en lien avec un projet circulaire ;
- **Tirer des principes de conception** qui puissent être appliqués à d'autres projets de rénovation résidentielle;
- **Développer des modes de représentation et de communication** (dessins techniques, devis) qui anticipent et facilitent l'adaptation aux conditions spécifiques du chantier.

Les objectifs touchent plusieurs parties prenantes (architectes, entrepreneurs, acteurs de la chaîne d'approvisionnement circulaire) dans un processus de conception intégré comme celui développé dans le projet. L'application des stratégies circulaires est donc une responsabilité partagée provenant de la collaboration entre toutes ces parties qui peuvent, individuellement et collectivement, implanter des stratégies ayant un impact sur le cycle de vie du bâtiment.

### 2.3. RAYONNEMENT

Dans le cadre du projet de recherche, la présentation des avancements du projet de recherche et de conception a été présentée dans le contexte de plusieurs colloques scientifiques et congrès professionnels. Ce rayonnement s'est fait principalement à travers des communications qui ont pris la forme de panels, de conférences, de colloques, et des publications en ligne. En partageant les enjeux, les acquis, et les solutions trouvées, le projet facilite l'adoption de ces pratiques par d'autres acteurs, que ce soit au sein d'échanges internes menés par le CERIEC ou lors de conférences externes.

Ce rayonnement contribue à rendre l'approche accessible à plusieurs parties prenantes, tant dans le domaine de la construction que de la recherche, et vise également à sensibiliser les particuliers. Le projet sert alors de démonstration pratique de la faisabilité de l'approche, ce qui favorise sa diffusion à plus grande échelle. Ces

présentations permettent aussi de démontrer l'état d'avancement du projet ainsi que les prochaines étapes prévues, bénéficiant ainsi des échanges avec les différents acteurs présents.

L'équipe de recherche a monté des présentations faisant rayonner le projet lors de 4 différents événements :

### Un atelier interne du CERIEC

- Présentation d'un rapport d'étape dans un atelier de co-construction du CERIEC (11 octobre 2021) qui consistait en une demi-journée d'atelier et d'échanges afin de découvrir les autres projets du Lab ainsi que leurs porteurs, et de poursuivre la cocréation sur des thématiques transversales qui les rassemblent.

### Trois activités de diffusions externes

L'équipe de recherche a participé à trois événements externes organisés en 2023 par *Bâtiment Durable Québec* (BDQ), *Genium360* et l'*Association professionnelle des designers d'intérieur du Québec* (APDIQ).

- Le colloque 2023 de *Bâtiment Durable Québec* (BDQ) ayant pour thème « *Le bâtiment durable pour l'économie circulaire* ». L'objectif de ce colloque organisé par ce regroupement multidisciplinaire d'acteurs et d'actrices dédié à l'accélération de la transition écologique juste et résiliente pour un environnement bâti durable était de mieux saisir les enjeux et problématiques du mouvement de transition de la société qu'est l'économie circulaire. Le colloque qui s'est tenu le 15 mars 2023 a mis en lumière le potentiel de la mise en œuvre des stratégies circulaires dans les secteurs du bâtiment et de l'aménagement durable. Invités en tant que panélistes, les responsables du projet ont pu présenter l'avancement de leur travail et les premières pistes de solutions identifiées.
- Le colloque 2023 *Genium360* ayant pour thème « *Imaginer les infrastructures d'avenir : Allier résilience des constructions et économie circulaire* » (30 mars 2023). Ici aussi, il s'agissait pour l'organisateur, *Genium360*, un organisme à but non lucratif rassemblant la plus grande communauté en génie au Québec avec plus de 100 000 membres, de mieux comprendre les stratégies d'économie circulaire, qui « prennent une place grandissante pour répondre aux enjeux énergétiques et de rareté des matériaux dans le secteur de la construction. » Les responsables du projet Duplex circulaire ont présenté leur travail et les enjeux liés dans le cadre d'un panel portant sur les stratégies d'économie circulaire dans l'environnement bâti au Québec.
- Le colloque 2023 de l'*Association professionnelle des designers d'intérieur du Québec* (APDIQ) en 2023 ayant pour thème « *Designer d'intérieur, dessiner demain* ». L'objectif du colloque était d'initier des conversations et des réflexions sur les changements positifs de la profession, dont l'économie circulaire. Lors de ce colloque professionnel qui a eu lieu le 21 novembre 2023, les responsables du projet ont pu présenter leur travail dans le cadre d'une conférence et échanger avec le public présent.

Les activités de diffusions externes ont permis de constater l'intérêt que d'autres disciplines en aménagement portent envers cette approche, notamment le design d'intérieur. Les questions portaient généralement sur les leviers et les freins que peuvent comporter cette méthode, dont le prix, la chaîne d'approvisionnement circulaire de RÉCO et les supports financiers possibles. Plusieurs personnes ont exprimé leur désir de poursuivre l'évolution du projet et, tout en mentionnant leur manque de familiarité avec les ressources matérielles et humaines liées aux enjeux de circularité, ont indiqué que le projet de *Duplex circulaire* leur apparaissait comme un véritable exemple à suivre qui leur permettrait d'adopter à leur tour une approche circulaire dans leur pratique à venir.

## Publications

Le projet n'a pas encore produit d'articles scientifiques, mais a trouvé un intérêt dans des publications dédiées au grand public.

Il a été mentionné dans un article du journal *La Presse* en date du 9 octobre 2022 intitulé « *Rénover sans tout jeter* », rédigé par Nathalie Simard. L'article tente de démystifier des solutions alternatives au *flip* immobilier dont la tendance à démolir se multiplie dans la métropole. Les objectifs du *Duplex circulaire* sont mentionnés afin de sensibiliser le grand public à cette approche qui tend à démontrer « qu'on peut avoir des intérieurs qui sont sobres et minimalistes bien qu'on utilise des matériaux recyclés ».

Des échanges sont en cours entre les porteurs du projet et un journaliste en vue de la publication d'un article entièrement dédié au projet *Duplex circulaire* dans un journal grand public dans le cadre d'une série sur les innovations constructives.

## 3. ÉTAT DES LIEUX INITIAL

### 3.1. ATTENTES INITIALES

La commande a été formulée par un couple ayant trois enfants et occupant un bâtiment de 3 étages dans le quartier Villeray. Ce bâtiment est divisé en deux parties : un appartement locatif situé à l'étage supérieur, au-dessus du rez-de-chaussée et du sous-sol qui sont liés par un escalier existant et qui sont occupés par la famille.

Au début du projet, le 16 mai 2022, les clients fournissent à l'équipe de conception une liste de besoins dans lequel ne se retrouve aucun enjeu de circularité (voir document en Annexe du présent rapport). Il s'agit plutôt d'un programme regroupant des besoins spécifiques pour chaque espace comme on retrouverait dans un projet de rénovation traditionnelle. À ce stade, les clients ne sont pas contraints par des objectifs de conception circulaire, ne limitant pas leurs besoins ou leur ambition de transformation. L'absence de considérations circulaires dans cette liste de besoins initiale fournie par les clients met bien en évidence la responsabilité de l'équipe de conception dans l'intégration d'objectifs de circularité dans le programme du projet.

Cette liste regroupe à la fois des besoins en termes de fonctionnalité, de qualité ainsi que de quantité d'espace correspondant à leur mode de vie. On y retrouve par exemple des exigences tels que l'ajout d'une quatrième chambre puisque les enfants partagent initialement une chambre, le besoin d'une entrée fonctionnelle à l'arrière de la maison venant d'une utilisation de la voiture garée en ruelle et également le désir d'espaces plus ouverts et éclairés naturellement qui faciliteraient les connexions entre les différentes activités de la maison – très animée par cinq personnes. Les clients fixent également le budget du projet à un montant fixe de 270 000\$.

Le couple considère plusieurs scénarios d'habitations à moyen-long terme (10 ans) dans la rénovation de ce plex. Ces scénarios sont directement liés à la manière dont le bâtiment sera transformé, notamment par rapport à la répartition du logement sur les étages. Deux scénarios de transformations sont envisagés dès le début du projet, soit a) que la famille occupe le rez-de-chaussée ainsi que l'étage, laissant le sous-sol comme un espace locatif, ou b) occuper le rez-de-chaussée et le sous-sol, et conserver l'étage supérieur comme espace locatif. Ces modèles sont détaillés dans la [sous-section 4.2](#) du rapport et entraînent des projections telles que le départ des enfants, ouvrant la possibilité de louer la partie du duplex rénovée tout en résidant dans l'autre unité.

### 3.2. CONDITIONS D'INTERVENTION

Le duplex est entièrement occupé au début du projet, comme indiqué précédemment, les clients résident au rez-de-chaussée et dans le sous-sol, tandis qu'une locataire occupe l'étage. Cette occupation complète du bâtiment restreint la possibilité d'effectuer des ouvertures préliminaires avant le début du processus de conception, ce qui rend la gestion des risques plus difficile, notamment en ce qui a trait à la compréhension de l'état actuel des composants et la planification des travaux. L'absence d'ouvertures limite grandement la capacité à identifier de façon précise les composantes structurelles, électriques ou de plomberie, ce qui peut entraîner des découvertes inattendues une fois que les travaux de rénovation ont commencé. Ces imprévus peuvent générer des ajustements de conception et, par conséquent, entraîner des retards et des coûts supplémentaires.

Si cette situation est récurrente dans le cas d'une intervention « normale » dans un bâti existant, ses conséquences sur le projet sont exacerbées dans le cas d'un projet de rénovation qui se veut circulaire. En effet, dans le contexte d'un tel projet, la réalisation d'ouvertures permettrait non seulement d'évaluer le contexte d'intervention (contraintes techniques liées à la structure, y compris poutres, murs porteurs), mais également de mieux identifier l'état et le potentiel des composantes architecturales de l'ensemble (matériaux et assemblages présents mais hors de la vue dans le bâtiment, niveau de dégradation, capacité des éléments à être récupérés/réutilisés/recyclés). L'ensemble de ces informations est susceptible d'influencer grandement l'approche et la conception du projet circulaire.

Bien que ces ouvertures préliminaires puissent entraîner des changements temporaires dans l'occupation, affectant par exemple le confort quotidien de la famille, elles permettraient une meilleure planification de l'ensemble des travaux, réduisant ainsi la nécessité d'ajustements fréquents lors de découvertes imprévues futures. Dans le cas du projet *Duplex circulaire*, il n'a pas été possible de faire d'ouvertures exploratoires importantes et l'évaluation des conditions d'interventions a été réalisée par l'équipe de conception lors d'une visite approfondie du bâtiment qui a permis de recueillir une multitude d'indices sur la réalité des éléments non visibles. Partant de ces indices, l'équipe a pu avancer des hypothèses sur cette réalité grâce à son expertise de terrain et sa familiarité avec des constructions similaires au bâtiment ciblé par le projet, réduisant par le fait même le niveau d'inconnu des conditions d'intervention. De façon globale, bien que plus difficile à obtenir dans le cas de projets de petite taille, une traçabilité numérique et systématique des bâtiments serait idéale : elle permettrait une bonne compréhension de l'existant, compréhension qui devrait être toutefois raffinée et validée par des explorations ponctuelles pour bien mesurer l'état de dégradation des composants.

### 3.3. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

Lors de l'étude des scénarios envisageables, correspondant aux propositions conceptuelles étudiées dans la [sous-section 4.2](#) du présent rapport, une première analyse du code, applicable de manière générale au projet, est réalisée préalablement à la phase de conception. Cette étape vise à donner forme à certaines exigences réglementaires telles que les séparations coupe-feu, l'escalier desservant un unique logement et le nombre d'issues nécessaires dans les logements.

Le règlement de zonage de l'arrondissement de Villeray – St-Michel – Parc-Extension (VSP) spécifie qu'un bâtiment existant de 3 logements peut voir son nombre de logements réduit d'au plus un logement. Ainsi, un triplex peut être transformé en duplex et non en maison unifamiliale. Par ailleurs, la superficie brute d'un logement ne doit pas excéder 200 m<sup>2</sup>.

Il ressort de l'analyse du bâti existant que l'escalier actuel reliant le rez-de-chaussée au sous-sol ne respecte pas les normes et devra être refait dans le cadre du projet. Dans le scénario où l'unité locative serait déplacée au sous-sol, une seconde sortie devra être ajoutée à ce logement qui n'en compte initialement qu'une seule. Il serait alors nécessaire de rétablir un accès par la cour, actuellement condamné par le balcon du logement au rez-de-chaussée. Conformément aux réglementations, l'obligation des deux sorties empêche également les propriétaires de retirer le balcon de l'unité à l'étage supérieur, qui permet l'accès à un escalier d'issue extérieur.

### 3.4. CONDITIONS MATÉRIELLES

Dans son état initial, le plex comporte plusieurs caractéristiques matérielles impactant la fonctionnalité ou la qualité de l'espace, nécessitant des considérations très tôt dans le processus de conception. À ce stade, l'objectif est de répertorier et d'identifier ces conditions en plus d'anticiper des idées relatives au retrait éventuel, à la réutilisation ou à la transformation de ces éléments.

D'abord, une cheminée condamnée traverse le rez-de-chaussée et le sous-sol, occupant ainsi une portion de la superficie habitable par les clients. Cette cheminée n'est pas opérationnelle, et les briques qui la soutiennent sont détériorées, rendant difficile la possibilité de la conserver dans le cadre du projet. Bien que des percements exploratoires n'aient pas été réalisés, la première visite de l'entrepreneur a permis, grâce à son expertise en construction, d'analyser la logique des éléments structuraux existants. Cette analyse révèle une conformité normale et standard par rapport à ce type de construction. L'entrepreneur a pu fournir des informations sur les compositions des murs, identifier la dégradation de certaines composantes et offrir des indications sur la faisabilité de certaines transformations. Ces hypothèses reposent sur l'expertise terrain et les réflexes de construction de l'entrepreneur qui aident à délimiter l'incertitude. Une portion du sous-sol est dénuée de fini intérieur, on y retrouve plutôt de l'OSB et une des pièces, utilisée à des fins de rangement et de salle de lavage, ne dispose pas de plafond fermé, permettant ainsi de voir l'état du câblage électrique et d'envisager des travaux de rénovation électrique. Également au sous-sol, on identifie les composantes d'une cuisine qui appartenait à ce qui était anciennement la troisième adresse du plex, comprenant des comptoirs, des installations de plomberie, et des raccords la rendant opérationnelle. Dans l'éventualité où le sous-sol est aménagé en tant qu'unité locative, ces éléments pourraient sans doute être réutilisés. Cependant, si l'unité locative reste à l'étage, ils seront retirés afin d'éviter la duplication de cet équipement dans la nouvelle configuration de la maison.

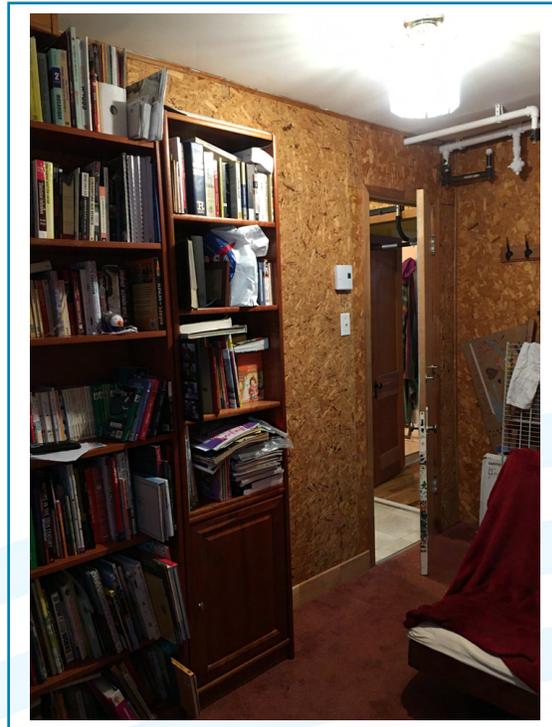


Figure 1 et 2 : Plafond sans finition dans une pièce destinée au rangement

Dans le plan initial, la façade arrière du rez-de-chaussée connecte avec la cuisine et une chambre. À ce niveau, cette façade comporte deux ouvertures, soit une fenêtre dans la chambre et une porte-patio dans la cuisine. La porte-patio donne accès à un grand balcon qui s'étend jusqu'à la cour extérieure. Mesurant environ 2,7 m de profondeur et 5 m de longueur, ce balcon constitue une surface considérable, surtout en comparaison avec la petite cour donnant sur la ruelle. Il est également surélevé par rapport au balcon des voisins en ruelle, ce qui limite son utilisation par la famille qui s'y sent trop exposée en hauteur. De plus, cela restreint l'aménagement de l'espace dans la cour qui est actuellement peu exploité. À l'étage, un balcon de dimensions similaires crée une importante zone d'ombre sur la façade arrière orientée au sud. La combinaison d'une fenestration limitée et de ces grands balcons générant de l'ombre soulève des questions quant à la nécessité de modifier les balcons, mais également d'augmenter les percements en façade. La possibilité de réduire ou de retirer le balcon du rez-de-chaussée est également envisagée pour augmenter la surface utilisable au sol dans la cour tout en permettant à davantage de lumière d'entrer au sous-sol.

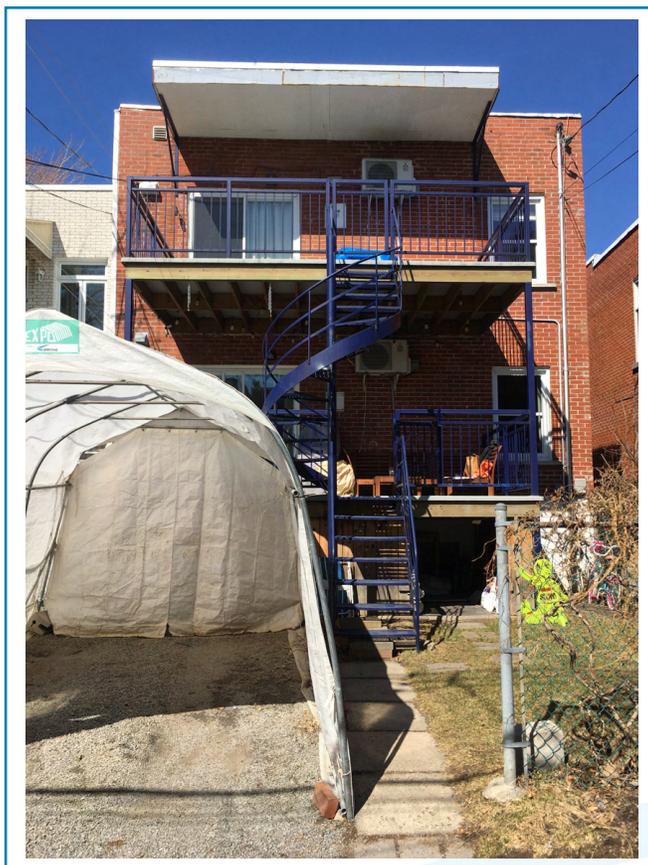


Figure 3 : Photographie de la façade arrière

La section du plex actuellement occupée par la famille comprend seulement 3 chambres, car deux des trois enfants partagent l'une d'entre elles. Dans le scénario où la famille conserve sa maison au rez-de-chaussée et au sous-sol, une quatrième chambre devra être ajoutée. Actuellement, deux chambres se retrouvent à l'étage

(l'une disposée au nord et l'autre au sud) et une grande chambre double est située au sous-sol orienté au nord. Cette configuration initiale suscite plusieurs considérations programmatiques, notamment en ce qui concerne la disposition des chambres sur les différents niveaux, ainsi que sur les espaces de vie qui ne bénéficient pas autant de lumière naturelle présentement.

En ce qui concerne la cuisine et les salles de bains, les composants actuels sont en bon état, offrant la possibilité de les laisser tels quels ou de les modifier légèrement. La cuisine est, entre autres, équipée de cabinets en bois en bon état. La rénovation récente de la salle de bains du sous-sol a maintenu la qualité des éléments, mais en cas d'inadéquation avec les besoins de la famille, une option serait de récupérer certains des éléments (tels que la baignoire, la toilette, le lavabo et la vanité) pour les réassembler dans une nouvelle configuration.

Pour le reste de la maison, les murs en gypse avec des moulures en bois présentent un fort potentiel de conservation, et le plancher en bois franc, qui couvre une grande partie de la maison, est également en bon état, permettant d'envisager de conserver cette finition.

## 4. DÉVELOPPEMENT DU PROJET

### 4.1. HISTORIQUE DES PROPOSITIONS

#	Étape	Date	Proposition(s)	Description
1	Propositions conceptuelles	Septembre 2022	1a + 1b	Deux propositions en parallèle pour informer le choix des clients (intervention occupante sur SS+RdC vs. RdC+2 <sup>e</sup> )
2	Stratégies globales	Novembre 2022	-	Élaboration d'un cadre d'intervention général (stratégies et principes)
3	Proposition conceptuelles 2	Novembre 2022	2a + 2b	Deux propositions en parallèle pour informer l'approche circulaire
4	Coordination de recherche	Janvier 2023	-	Prise de contact avec l'équipe solution #8A du Lab Construction (Traçabilité des matériaux)
5	Proposition d'aménagement	Juillet 2023	3	Développement d'une proposition d'aménagement circulaire en vue d'une demande de permis
6	Projet pour construction	Novembre 2023	4	Ajustements finaux suite à des réévaluations budgétaires
7	Mise en œuvre	Décembre 2023	-	Construction

### 4.2. ÉTAPE 1 : PROPOSITIONS CONCEPTUELLES 1

La première présentation, adressée aux clients le 1er septembre 2022, fut menée en amont des considérations de stratégies circulaires. Cette présentation avait pour objectif d'éclairer les clients sur deux scénarios de transformations potentiels, qui à ce stade, n'était pas informés par des enjeux de circularité, mais plutôt par les besoins et préférences formulés par les clients. Ces scénarios reposent sur une répartition des étages dans le plex – informée par les exigences réglementaires limitant la superficie brute d'une habitation à 200 m<sup>2</sup> – et donc de la distinction entre l'espace occupé par la famille et l'espace dédié à l'unité locative.

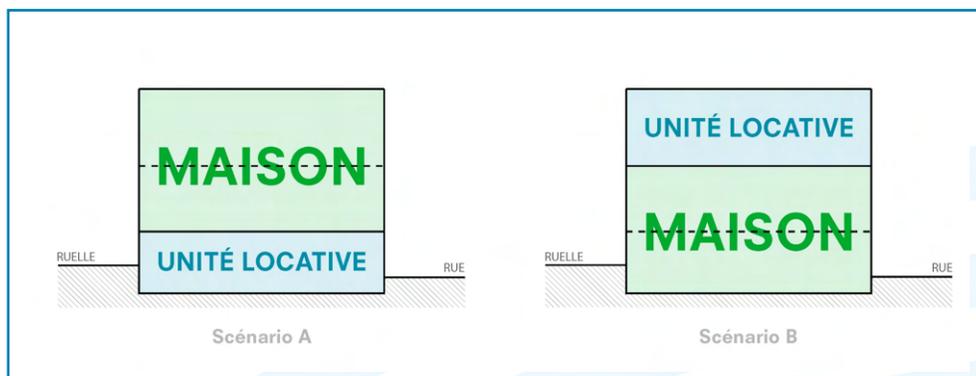
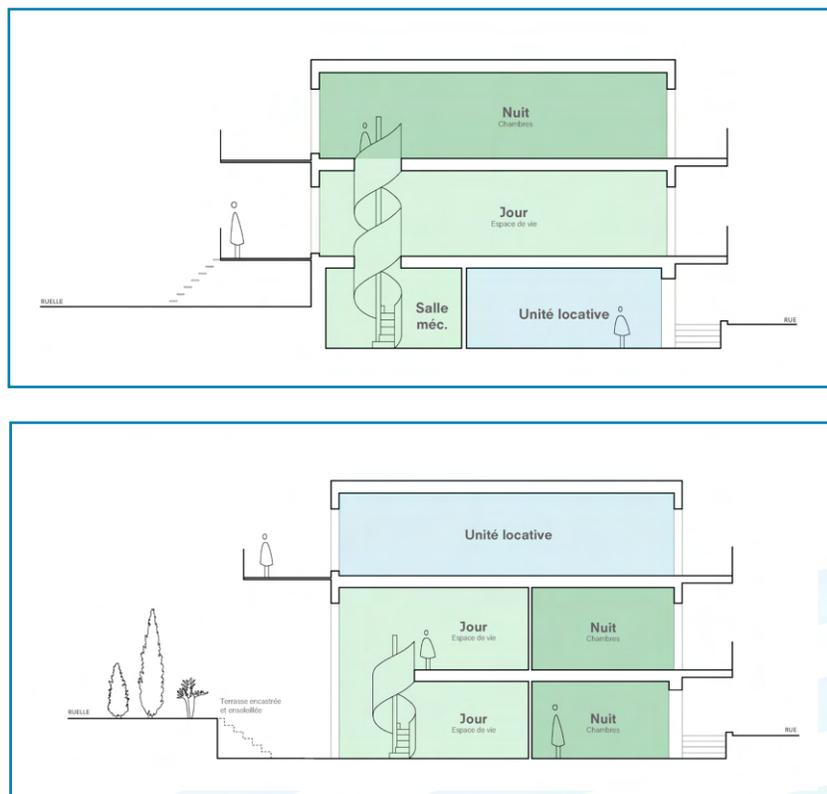


Figure 4 : Coupe schématique montrant les deux scénarios (A et B) de répartition des étages

## Enjeux et problématiques

Les deux scénarios sont représentés à l'aide de coupes schématiques et de plans colorés accompagnés de courts textes. Le scénario A propose de situer l'unité locative en sous-sol et l'espace des clients principalement à l'étage et au rez-de-chaussée, mais éventuellement avec une partie en sous-sol comprenant une salle mécanique. Selon le zonage actuel du bâtiment, l'arrondissement VSP n'autorise pas la transformation de l'immeuble de trois logements en une maison unifamiliale avec un *bachelor* (un logement situé au sous-sol ou au demi-sous-sol d'une maison unifamiliale), comme initialement envisagé par les clients. Ainsi, le scénario A impliquait la transformation du *bachelor* en une unité résidentielle à part entière, nécessitant, conformément au Code national du bâtiment (CNB), une deuxième sortie à l'arrière pour l'unité locative au sous-sol. Bien que ce scénario offre une superficie habitable plus importante et nécessitait moins d'interventions à l'arrière du bâtiment que le scénario B, il impliquait l'éviction des locataires actuels, un rendement potentiellement plus faible pour la nouvelle unité locative au sous-sol, ainsi que des travaux de mise aux normes comprenant l'ajout d'une nouvelle sortie et donc d'un accès à la cour arrière.

Le scénario B suggère de maintenir la répartition actuelle des étages, préservant ainsi l'unité locative à l'étage. Cette disposition offrirait aux clients un rendement financier plus élevé pour cette unité locative. Ce scénario nécessite la mise aux normes l'escalier intérieur actuel, ainsi que la prévision d'un budget pour les modifications intérieures au sous-sol et des ajustements structurels. Malgré ces exigences, l'option B permet d'établir un lien plus direct avec la cour en ruelle, en envisageant des idées telles que l'ouvertures en façade arrière et de lien à la fois entre le rez-de-chaussée et la cour, mais aussi à partir du sous-sol par l'intégration d'une cour anglaise ou encore d'un jardin facilement accessible.



Figures 5 et 6 : Coupe schématique illustrant la répartition des étages

## Décisions prises

Fin octobre 2022, les clients ont fait part de leur décision par courriel, exprimant leur préférence de conserver l'unité locative à l'étage et donc de réaménager l'espace qu'ils occupaient initialement, c'est-à-dire le sous-sol et le rez-de-chaussée (correspondant au scénario B). Cette décision a été motivée par plusieurs facteurs, dont « *la perte d'un revenu locatif pour un logement qui est de plus grande valeur sur le marché actuellement (et qui le sera toujours en comparaison avec un bachelor – [logement situé au sous-sol ou au demi-sous-sol d'une maison unifamiliale]. D'autant que si l'étude de code s'avère contraignante et que nous devons maintenir un passage vers l'arrière pour un éventuel locataire au sous-sol, cette perspective nous emballe assez peu* » (Extrait du courriel reçu).

### 4.3. ÉTAPE 2 : STRATÉGIES GLOBALES

Pour faire suite à l'évaluation de l'état initial des lieux et des besoins, il était essentiel d'établir une série de stratégies d'action globales pour intervenir sur l'existant. Pour ce faire, des pistes qui ont été identifiées par une autre équipe solution du Lab construction ont été mobilisées. L'un des co-directeurs de la présente équipe solution (Bechara Helal) étant également co-directeur de la solution #6 (« Bâtiments adaptables et démontables ») avec Ivanka Iordanova, professeure à l'ÉTS, le transfert n'a pas nécessité de coordination importante et s'est fait de façon naturelle. Dans le cadre du projet #6, une revue de littérature a permis de faire ressortir, entre autres, les références principales utiles pour bien saisir les approches théoriques et outils opératoires à mobiliser dans le cas d'une opération d'adaptation de bâti existant. Dans ce qui suit, nous identifierons et décrirons les préférences les plus importantes pour bien saisir le cadre de travail mis en place dans le contexte du projet *Duplex circulaire*.

#### A. Le bâtiment comme ensemble de couches disjointes (Brand, 1994)

Dans un premier temps, il est important de revenir sur la théorie énoncée par Stewart Brand en 1994 dans l'ouvrage « *How Buildings Learn: What Happens After They're Built* » (Viking Press, 1994). Cette théorie est construite à partir du concept de « *shearing layers* » (couches de cisaillement) établi par l'architecte Frank Duffy en 1992 selon lequel le bâtiment ne doit pas être vu comme un tout monolithique, mais plutôt comme un assemblage de couches individuelles qui se transforment avec des temporalités distinctes. Mobilisant ce concept, Brand étend les 4 couches initialement identifiées par Duffy (Shell/Services/Scenery/Set) pour proposer une compréhension du bâtiment organisée selon 6 couches aux longévités distinctes (Figure 7) :

- *Site* (le site) : le contexte physique du bâtiment, qui est, à toutes fins pratiques, éternel.
- *Structure* (la structure) : les éléments qui permettent au bâtiment d'exister comme ensemble rigide. Ceux-ci ont habituellement une durée de vie variant entre 30 et 300 ans.
- *Skin* (la peau) : l'enveloppe qui recouvre le bâtiment et qui a une durée de vie approximative de 20 ans.
- *Services* (les services) : les éléments techniques qui permettent au bâtiment de fonctionner (systèmes mécaniques, électriques, sécurité incendie, etc.). Leur utilisation continue réduit grandement leur durée de vie et ils doivent être modernisés régulièrement, entre 7 et 15 ans.

- *Space Plan* (le plan d'aménagement) : l'aménagement de l'espace intérieur qui est intimement lié à l'occupation du bâtiment. Tout changement de fonction ou d'occupant entraîne un ajustement et la durée de vie de cette couche varie entre 3 et 30 ans, selon le type d'occupation.
- *Stuff* (le mobilier) : l'ensemble des composantes qui est utilisée de façon journalière dans un bâtiment. Cette couche varie grandement au gré des modes, saisons, besoins et envies des occupants ce qui lui confère une durée de vie très courte variant entre 1 jour et 1 mois.

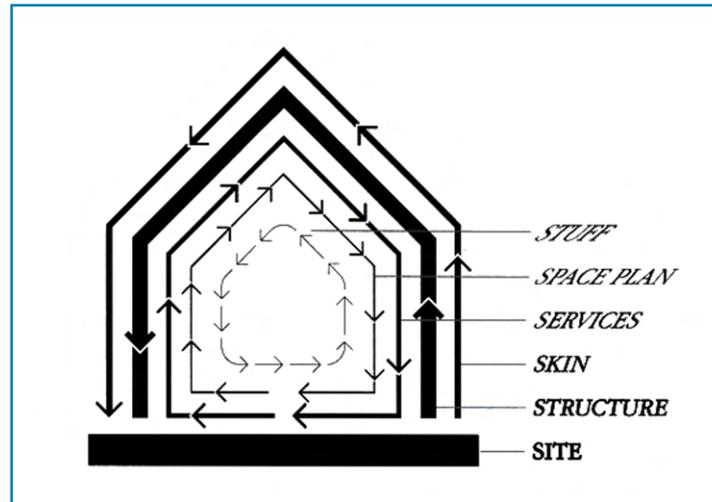


Figure 7 : La théorie du bâtiment comme ensemble de « shearing layers » disjointes énoncée par Stewart Brand (1994).

Le grand intérêt de cette théorie tient en son potentiel opératoire. Le bâtiment n'est plus vu comme un ensemble monolithique qui doit être entièrement repensé dès qu'un nouveau besoin ou une nouvelle situation ne l'exige. Au contraire, si la disjonction entre les couches est adéquatement établie, il est possible de n'intervenir que sur la couche qui est concernée par le besoin changeant. Ceci a le grand avantage d'éviter des opérations sur des éléments à durée de vie plus longue (comme, surtout, la structure, ou encore l'enveloppe) lorsque des besoins liés à des couches de durée de vie plus courte (comme l'aménagement en plan ou les services). Ce principe a été essentiel dans l'approche opératoire du projet *Duplex circulaire*.

## B. Les 10R de l'économie circulaire (Potting et al., 2017)

Une autre référence d'importance a été la déclinaison des stratégies de l'économie circulaire en 10 opérations proposées par des chercheurs du *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency* en 2017. Allant au-delà des 3R habituellement mentionnés (réutiliser – recycler – récupérer), les chercheurs élaborent une liste à la fois plus riche et plus nuancée d'actions (Figure 8). Ces stratégies sont regroupées en 3 grandes catégories :

- celles qui touchent à l'utilisation et la fabrication plus intelligente des **produits** (R0-R2)
- celles qui visent la prolongation de la durée de vie des produits et de leurs **parties** (R3-R7)
- celles qui se concentrent sur l'application utile des **matériaux** (R8-R9)

<b>Utilisation et fabrication plus intelligentes des produits</b>	<b>R0</b>	<b>Refuser</b>	Rendre le produit superflu en abandonnant sa fonction ou en offrant la même fonction avec un produit radicalement différent
	<b>R1</b>	<b>Repenser</b>	Rendre l'utilisation du produit plus intensive (par exemple, en partageant les produits ou en mettant sur le marché des produits multifonctionnels)
	<b>R2</b>	<b>Réduire</b>	Accroître l'efficacité de la fabrication ou de l'utilisation du produit en consommant moins de ressources naturelles
<b>Prolongement de la durée de vie des produits et de leurs parties</b>	<b>R3</b>	<b>Réutiliser</b>	Réutilisation par un autre consommateur d'un produit mis au rebut qui est encore en bon état et remplit sa fonction initiale
	<b>R4</b>	<b>Réparer</b>	Réparation et entretien du produit défectueux afin qu'il puisse être utilisé selon sa fonction d'origine
	<b>R5</b>	<b>Rénover</b>	Restaurer un ancien produit et le mettre à jour
	<b>R6</b>	<b>Réusiner</b>	Utiliser les parties d'un produit mis au rebut dans un nouveau produit ayant la même fonction
	<b>R7</b>	<b>Réorienter</b>	Utiliser un produit mis au rebut ou ses parties dans un nouveau produit ayant une fonction différente
<b>Application utile des matériaux</b>	<b>R8</b>	<b>Recycler</b>	Transformer les matériaux pour obtenir une qualité identique (haute qualité) ou inférieure (basse qualité)
	<b>R9</b>	<b>Récupérer</b>	Incinération de matériaux avec récupération d'énergie

Figure 8 : Gradient des 10 stratégies de l'économie circulaire, tiré de Potting, J. et al. Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain, PBL–Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017 (traduction par les auteurs du rapport).

On notera le regroupement selon un niveau décroissant de complexité (produits – parties – matériaux). Plus les stratégies mobilisées touchent à des éléments complexes (non simplifiés par des opérations de démontage), plus elles assurent un niveau de circularité élevé. De ce point de vue, il est donc nettement plus intéressant d'un point de vue circulaire d'intervenir « en amont » des opérations de démontage, avant même de considérer la stratégie de *réutilisation* (R3). Les opérations de *recyclage* (R8) et de *récupération* (R9) sont alors des opérations de dernier recours, et la stratégie la plus efficace du point de vue circulaire est de simplement *refuser* d'intervenir (R0). En d'autres mots : d'identifier les zones dans lesquelles les interventions sont indispensables et de n'intervenir que si ou lorsque c'est absolument nécessaire.

### C. Théorie et pratique de l'architecture adaptable (Schmidt III et Austin, 2016)

L'ouvrage de Robert Schmidt III et Simon Austin, *Adaptable Architecture: Theory and Practice*, (New York: Routledge, 2016) présente un cadre global remarquablement cohérent de la question. Construit à partir d'une série d'études de cas, il propose non seulement un cadre théorique solide, mais également une série exhaustive d'outils opératoires qui permettent une action coordonnée et efficace sur le bâti existant (Figure 9). Tout en les liant, les auteurs font la distinction entre :

- des stratégies de conception (*design strategies*) : il s'agit de 12 approches globales qui sont organisées selon l'échelle sur laquelle elles opèrent (physique/spatial/caractère/contexte) et selon des familles d'intervention (par exemple, dans le cas des stratégies physiques, les auteurs identifient la modularité,

la conception liée aux questions temporelles, la durée de vie et la simplicité comme 4 grandes familles d'intervention).

- des caractéristiques du bâtiment (*building characteristics*) : les auteurs identifient 60 qualités qui devraient se retrouver dans des bâtiments (ou dans leurs composantes) adaptables. Ces qualités sont organisées suivant les mêmes familles et échelles que celles qui structurent les stratégies de conception (Figure 10). Ces caractéristiques sont des éléments qui peuvent être observées et qui sont par conséquent des variables potentielles pour l'évaluation d'un bâtiment existant (ou d'une solution proposée dans le cas d'un bâtiment nouveau).
- des tactiques d'intervention (*design tactics*) : l'ouvrage recense 135 tactiques d'intervention qui peuvent être appliquées à une situation. Ces tactiques ne sont pas limitées à une catégorie spécifique (comme les stratégies globales ou les caractéristiques mentionnées précédemment) mais sont plutôt multiscalaires.

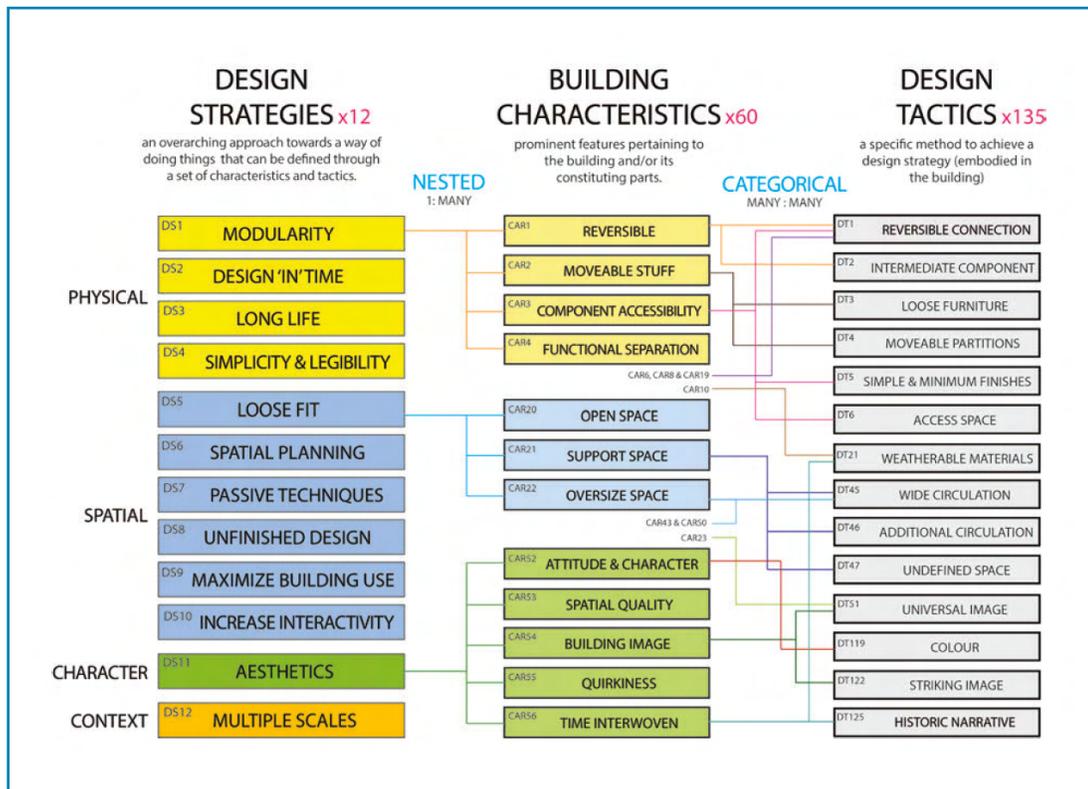


Figure 9 : Stratégies – Caractéristiques – Tactiques : une théorie opératoire de l'adaptabilité, tiré de Robert Schmidt III et Simon Austin, *Adaptable Architecture: Theory and Practice*, Routledge, 2016, p.90.

Design Strategy		Characteristics	Design Strategy		Characteristics	
1	PHYSICAL	REVERSIBLE	31	CHARACTER	SPATIAL PROXIMITY	
2		MODULARITY	32		PASSIVE TECHNIQUES	SIMPLE PLAN
3		COMPONENT ACCESSIBILITY	33		UNFINISHED DESIGN	STANDARD GRID
4		FUNCTIONAL SEPARATION	34		MAXIMISE BUILDING USE	SIMPLE FORM
5		SERVICE ZONES	35		INCREASE INTERACTIVITY	MULTIPLE VENTILATION STRATEGIES
6		CONFIGURABLE STUFF	36		AESTHETICS	SHALLOW PLAN DEPTH
7		DESIGN 'IN' TIME	37		MULTIPLE SCALES	PASSIVE CLIMATE CONTROL
8		MULTIFUNCTIONAL COMP	38			BUILDING ORIENTATION
9		NOT PRECIOUS	39			GOOD DAYLIGHTING
10		'EXTRA' COMPONENTS	40			SPACE TO GROW INTO
11		DURABILITY	41			PHASED
12		MATURE COMPONENT	42			USER CUSTOMISATION
13		EFFICIENT SERVICES	43			MULTIFUNCTIONAL SPACES
14		GOOD CRAFTSMENSHIP	44			USE DIFFERENTIATION
15		OVERDESIGN CAPACITY	45			MIXED DEMOGRAPHICS
16		READILY AVAILABLE MATERIALS	46			MULTIPLE/ MIXED TENURE
17		STANDARDISED COMPONENTS	47			SHARED OWNERSHIP
18		STANDARDISED COMP LOCATIONS	48			ISOLATABLE
19		OFF-SITE CONSTRUCTION	49			MULTIPLE ACCESS POINTS
20	SIMPLE CONSTRUCTION METHOD	50			PHYSICAL LINKAGE	
21	SPATIAL	OPEN SPACE	51			VISUAL LINKAGE (views)
22		LOOSE FIT	52			ATTITUDE & CHARACTER
23		SUPPORT SPACE	53			SPATIAL QUALITY
24		OVERSIZE SPACE	54			BUILDING IMAGE
25		TYPOLOGY PATTERN	55			QUIRKINESS
26		JOINABLE/ DIVISIBLE SPACE	56			TIME INTERWOVEN
27		MODULAR COORDINATION	57			GOOD LOCATION
28		CONNECT BUILDINGS	58			CONTEXTUAL
29		STANDARD ROOM SIZE(S)	59			CIRCULATION neighbourhood
30		SPATIAL PLANNING	60			A COMMUNAL PLACE
			SPATIAL VARIETY			
		SPATIAL AMBIGUITY				
		SPATIAL ZONES				

Figure 10 : Liens entre les stratégies opératoires globales et les caractéristiques des bâtiments adaptables, tiré de Robert Schmidt III et Simon Austin, *Adaptable Architecture: Theory and Practice*, Routledge, 2016, p.111-112.

### Décisions prises dans le cadre du projet *Duplex circulaire*

Les trois références présentées ci-haut ont informé la réflexion en lien avec la circularité dans le projet *Duplex circulaire*. Cette réflexion a permis de formuler des principes généraux propres à ce projet. Ceux-ci se déclinent sur deux volets distincts : des approches conceptuelles globales et des stratégies d'intervention.

#### A. Approches conceptuelles globales :

Par opposition à ce qui serait un mode d'intervention « normal » dans le cadre duquel les opérations touchent l'ensemble du bâtiment selon les besoins formulés par le donneur d'ouvrage, deux approches conceptuelles circulaires globales ont été formulées :

- A. **Interventions minimales** : Minimiser les interventions sur le bâtiment, en ciblant de manière précise les modifications nécessaires. Cette approche consiste en une série de micro-interventions limitées sur le bâti existant, une sorte « d'acupuncture » sur le bâtiment. Ceci implique l'identification des points d'interventions les plus porteurs.
- B. **Interventions concentrées** : Concentrer les interventions dans une seule partie du bâtiment sans intervenir sur le reste de l'existant. Cette approche, de type plus « opportuniste », entend limiter l'étendue du travail sur le bâtiment et propose de profiter des interventions liées aux besoins essentiels pour intégrer tout travail qui n'aurait pas nécessairement été entrepris de façon isolée. Ceci

implique l'identification d'une partie du bâti existant comme étant plus propice à concentrer un maximum d'interventions complémentaires.

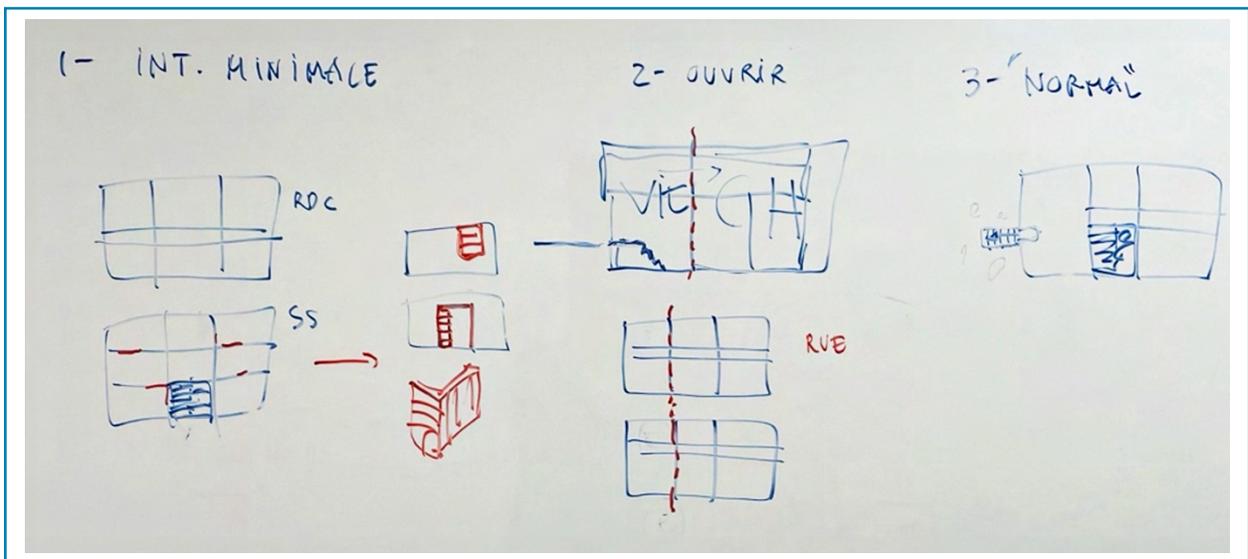


Figure 11 : Diagramme de travail illustrant les 3 différentes approches circulaires conceptuelles globales : à gauche, le mode A (interventions minimales), au centre le mode B (interventions concentrées), par opposition au mode « normal » à droite.,

## B. Stratégies d'intervention :

Au-delà du mode d'intervention global, une série de stratégies d'intervention a également été élaborée. Ces stratégies sont :

1. Refuser de démolir
2. Identifier les éléments fixes
3. S'insérer dans l'existant
4. Découper des éléments existants
5. Dégarnir des éléments existants
6. Étirer des ouvertures existantes
7. Prolonger la durée de vie.

Le détail de ces stratégies est explicité dans la partie 5 du rapport (Résultats, section 5.2. Stratégies).

## 4.4. ÉTAPE 3 : PROPOSITIONS CONCEPTUELLES 2

La seconde phase des propositions conceptuelles découle du choix du scénario d'occupation identifié par les clients et de la liste préliminaire des stratégies de conception potentielles applicables au projet. Cette étape a

permis à l'équipe de conception d'explorer les deux approches circulaires distinctes mentionnées ci-haut (A. *Interventions minimales* et B. *Interventions concentrées*).

## Enjeux et problématiques

Comme nous l'avons mentionné, l'approche A (*Interventions minimales*) vise à minimiser les interventions sur le bâtiment, en ciblant de manière précise les modifications nécessaires. Dans le cas du plex, cette approche permet d'éviter le déplacement d'éléments tels que la cuisine et les salles de bains, tout en réorganisant les autres espaces de la maison. Dans cette option, l'escalier est réfléchi en conservant son emplacement initial pour récupérer le percement du plancher à cet endroit, favorisant l'utilisation maximale des éléments existants dans toute la maison et répondant spécifiquement aux besoins de chaque pièce. Cette approche commence à cibler des insertions dans les cadres existants et des découpes concrètes dans le projet.

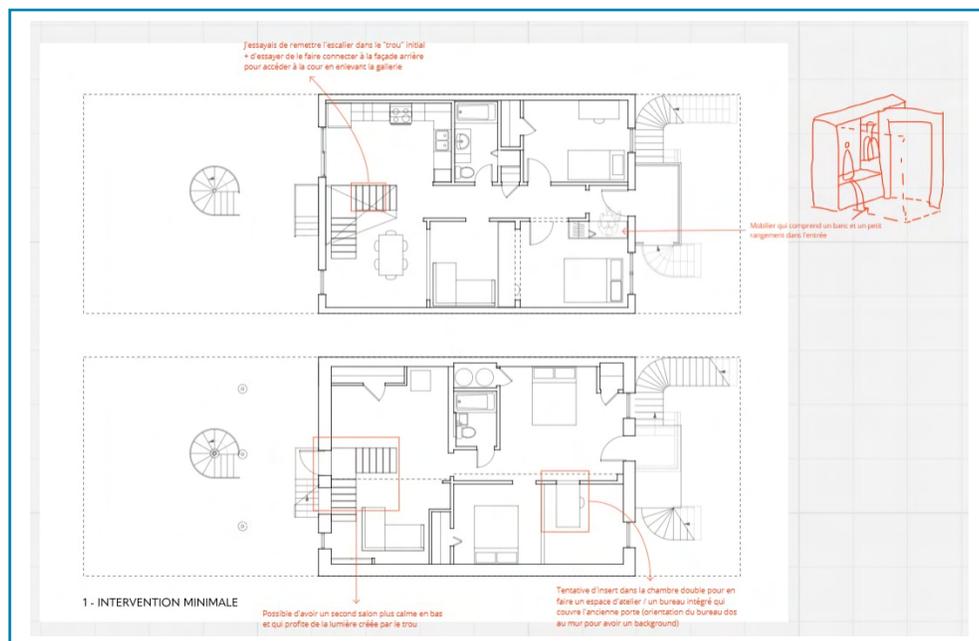


Figure 13 : Croquis en plan des interventions minimales et répandues sur l'ensemble du bâtiment dans l'approche A

Quant à l'approche B (*Interventions concentrées*), comme nous l'avons vu, elle implique une intervention majeure sur une partie du bâtiment tout en préservant l'intégrité de l'autre partie. Dans le cas du plex, l'intervention majeure se concentre sur la partie arrière du bâtiment et vise à reconfigurer certains systèmes, notamment déplacer la cuisine et la salle à manger au sous-sol pour les connecter à la cour arrière. L'escalier était pensé à l'arrière du bâtiment pour relier les étages et inclurait un accès à la cour arrière. Cette option maintient inchangés le cloisonnement des pièces à l'avant de la maison et les salles de bains, englobant ainsi les espaces de nuit.

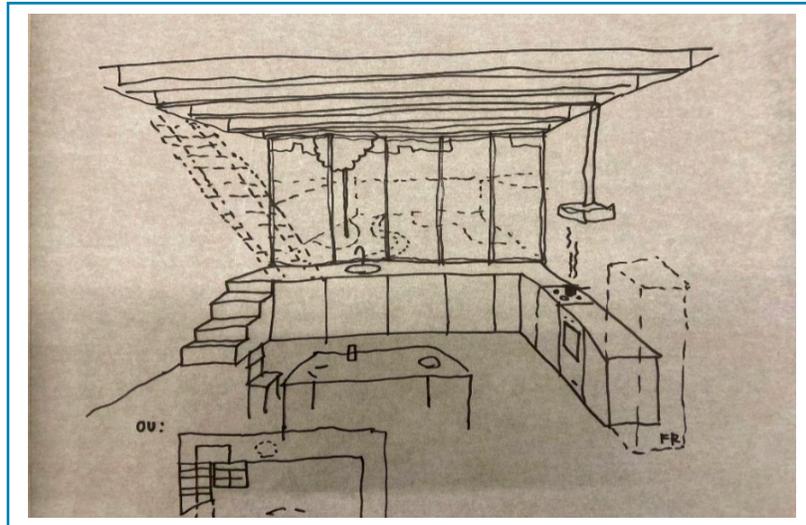


Figure 14 : Croquis de la cuisine en sous-sol et de la connexion de l'escalier à la cour dans l'approche B

### Décisions prises

La décision issue de cette exploration a été prise par l'équipe à l'interne, en cherchant un équilibre entre la fonctionnalité et le coût des travaux. L'option retenue est donc l'approche A, qui privilégie des interventions minimales sur l'ensemble du bâtiment. À ce stade, le projet circulaire est confronté au projet traditionnel sur plusieurs aspects, notamment en tenant compte des aspirations des clients et des contraintes budgétaires. L'approche circulaire repose sur une cartographie de l'existant, dont l'objectif est d'établir un zonage précis du projet, identifiant les parties intouchables et spécifiant clairement les endroits sur lesquels des ajustements peuvent être envisagés. Cette cartographie se divise en deux catégories distinctes : d'un côté, les zones facilement modifiables; de l'autre, les éléments plus complexes à déplacer. Cette approche permet d'anticiper d'éventuels enjeux, tout en préservant une flexibilité pour des ajustements imprévus. En adoptant cette méthode, l'équipe peut concentrer les actions là où elles seront le plus bénéfiques, tout en préservant l'intégrité de certains éléments.

## 4.5. ÉTAPE 4 : COORDINATION DE RECHERCHE

Cette phase de coordination de recherche consiste en la mise en place d'un lien de collaboration avec l'équipe solution #8A du Lab Construction qui travaille sur la traçabilité des matériaux sous la direction d'Érik Poirier, professeur à l'ÉTS. Le présent rapport ne détaillera pas le travail qui a été réalisé par l'équipe #8A. Le rapport final<sup>1</sup> de cette équipe présente clairement tant l'approche théorique que les procédures qui ont été développées. Nous présenterons ci-dessous les grandes lignes de la coordination de recherche ainsi que les situations que cette coordination a générées et les observations que nous avons pu faire.

<sup>1</sup> Accessible via <https://miro.com/app/board/uXjVPFif-xl=/?moveToWidget=3458764570899744385&cot=14>

L'objectif principal de cette étape était de développer un outil permettant d'encadrer les prises de décision de l'équipe solution du *Duplex circulaire* en utilisant un indice de circularité développé par l'équipe solution #8A. Cet indice de circularité permettrait d'évaluer de façon directe et, surtout, de façon quantitative l'impact des modifications apportées tout au long des étapes de la conception sur la circularité du projet et de ses composants. Cet outil se présentait comme un pendant idéal à l'expertise de nature plus qualitative de l'équipe de conception du *Duplex circulaire*. En effet, étant donnée l'impossibilité de contrôler entièrement l'état du bâti existant, les décisions de conception se basaient jusque-là sur des réflexes constructifs dont l'exactitude ne pouvait pas être validée. De plus, l'évaluation de l'impact de ces décisions sur la circularité du projet dans son ensemble ne pouvait qu'être de nature qualitative, aucun calcul ne faisant partie des outils mobilisés par l'équipe de conception.

Dans ce contexte, la coordination avec l'équipe #8A présentait un fort potentiel dans le cadre du processus de conception. Elle aurait permis de mesurer de façon quantitative et en temps réel l'impact de chacune des décisions prises sur la circularité du projet. Un tel outil aurait confirmé les hypothèses circulaires formulées par l'équipe de conception, qui aurait pu par la suite les ajuster si l'impact ne s'avérait pas à la hauteur des attentes.

Plusieurs pistes ont été élaborées avec l'équipe #8A pour mettre sur pied cet outil, mais la coordination n'a pu se faire adéquatement dans le cadre des projets. En effet, cette coordination impliquait la transmission d'un modèle 3D à l'équipe de solution #8A, afin qu'elle puisse définir matériellement les éléments du projet. À ce stade, les modèles travaillés par l'équipe de conception étaient réalisés avec le logiciel Sketchup. Or ce logiciel était incompatible avec l'approche développée par l'équipe #8A, car les modèles qu'il génère et gère ne comprennent aucune information matérielle, contrairement à des logiciels tels que Revit ou Rhino. L'équipe de conception a dû remodeler le plex dans Rhino avant de le transmettre. Ceci a, bien entendu, occasionné des délais qui ont été rallongés par les efforts qu'a dû engager l'équipe solution #8A pour réintégrer dans ce nouveau modèle des informations liées à la matérialité.

La solution d'un indice de circularité calculé en temps réel n'étant pas une solution dans le cadre des projets du Lab Construction à cause des délais courts (mais restant une excellente piste de travail pour la suite des choses), une autre approche a été proposée : la possibilité d'établir des propositions-clé qui pourraient être évaluées à des temps donnés et qui pourraient quantifier l'impact circulaire d'une série de décisions complémentaires. Ceci ne permet pas de mesurer l'impact de chacune des décisions individuelles, mais a le mérite de valider la direction générale adoptée par l'équipe de conception. Bien que prometteuse, cette solution n'a également pas pu être implémentée dans le cadre du travail sur le Duplex circulaire à cause des très longs délais que la remodelisation et la requalification matérielle de ces modèles impliquaient.

Aucune décision de conception n'a été prise à la suite de cette coordination principalement à cause de la complexité des échanges et des délais qu'ils occasionnaient, mais le travail avec l'équipe #8A a permis de faire ressortir le très grand potentiel de la traçabilité des matériaux dans le cadre de la rénovation circulaire d'un bâtiment existant. Nous reviendrons sur ces questions dans la partie 6. Enjeux du présent rapport (section 6.3. Numérisation du domaine de la construction).

## 4.6. ÉTAPE 5 : PROPOSITION D'AMÉNAGEMENT (DEMANDE DE PERMIS)

Cette phase englobe une succession d'enjeux et de décisions prises afin de développer une proposition d'aménagement qui recherche un équilibre entre les exigences des clients et l'approche circulaire. Cette étape s'est déroulée sur une période d'environ 7 mois, de janvier 2023 à juillet 2023, correspondant à la date de demande de permis. En termes de production, environ 6 présentations de designs et d'aménagements ont été soumises aux clients, dont plusieurs ont impliqué la participation des entrepreneurs de l'Atelier ¼ Fort. Ces réunions ciblaient des aménagements spécifiques pour différentes zones, notamment le positionnement de l'escalier, l'aménagement d'un espace de travail, de la salle à manger, de l'entrée, du sous-sol et de la cour arrière. Pour finir, une présentation finale a été élaborée, dévoilant plusieurs perspectives de l'aménagement faisant l'objet de la demande de permis. Cette section examine les éléments clés des différents designs qui ont émergé au cours de cette période.

### Escalier - Enjeux et problématiques

Tel qu'établi dans les premières études conceptuelles, l'escalier existant reliant le rez-de-chaussée et le sous-sol doit être remplacé pour répondre aux exigences du code du bâtiment. Son emplacement initial limite les possibilités d'aménagement à l'arrière de la façade tout en créant un alignement défavorable par rapport aux activités des espaces de vie. C'est pourquoi l'équipe de conception doit déterminer un nouvel emplacement plus optimal. L'ajout d'un escalier entraîne nécessairement un nouveau percement du plancher, d'autant plus que l'escalier est conçu comme un élément fixe ne s'inscrivant pas directement dans les considérations de circularité par son éventuel réemploi. Cependant, son emplacement peut influencer la configuration de l'espace, dépendamment de sa forme et de son envergure dans l'aménagement global.

La disposition d'un escalier central s'insérant dans une baie structurale adossée à un mur mitoyen permet de libérer la façade arrière, laissant place à plus d'entrée de lumière naturelle dans les espaces de vie. Il est aussi envisagé de découper le plancher plus largement afin de créer une continuité entre les étages à partir de ce percement central (Figure 15). La coupe élaborée, met en avant l'idée de continuité et de transparence apporté par la disposition de l'escalier (Figure 16). Un escalier plus standard répond aux besoins spécifiques de la famille, en plus d'occuper une superficie minimale qui libère de la surface habitable. Cette configuration permet d'envisager une meilleure adaptabilité des espaces à long terme en plus de pouvoir également s'ajuster au mode de vie de futurs occupants. La fabrication d'un escalier standard nécessite moins d'efforts, notamment par une économie de ressources et de moyens, et peut potentiellement comprendre des éléments recyclés.

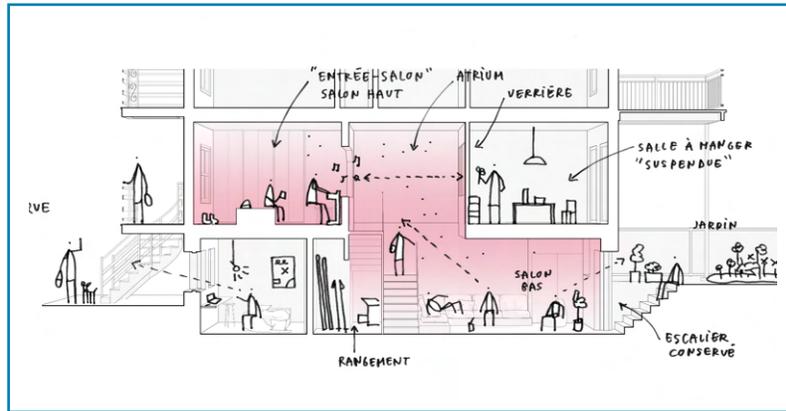


Figure 15 : Schématisation en coupe de la transparence et de la continuité entre les espaces dans la disposition d'un escalier central



Figure 16 : Continuité entre les espaces intérieurs possible grâce au positionnement central de l'escalier

### Aménagement intérieur - Enjeux et problématiques

L'aménagement intérieur a été effectué en parallèle à la recherche de l'emplacement optimal de l'escalier, ce qui explique le fait que les plans incluait déjà des insertions et des découpes ainsi que l'identification de systèmes à conserver (Figure 17). À ce stade, l'adaptation des besoins aux stratégies circulaires passait par de nombreux ajouts de mobilier en tant que composante flexible et adaptable. Il y avait également une attention portée aux composantes existantes.

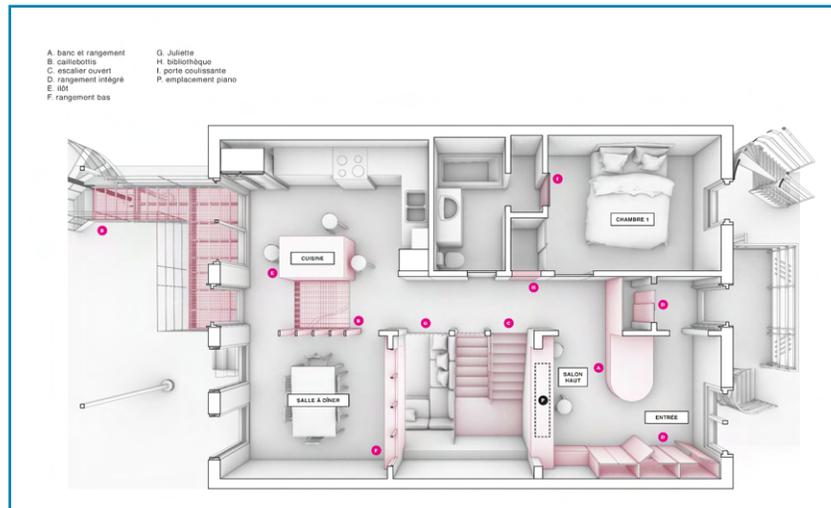


Figure 27 : Représentation en plan des insertions, des découpes et des éléments à conserver

Le rez-de-chaussée final comprend une entrée à l'avant, un espace salon-travail, la chambre des maîtres, une salle de bain, la cuisine et la salle à manger. La relation entre la cuisine et la salle à manger, a permis d'explorer la possibilité de dégarnir des murs pour maintenir une limite définie en plus de réaliser de nombreux essais de mobilier dans la salle à manger, en connexion avec l'escalier. Une découpe est envisagée à cet endroit, créant ainsi un nouveau cadre plutôt que de retirer complètement le mur (Figure 18). La cuisine quant à elle conserve son aspect d'origine, avec la possibilité de recouvrir la surface du comptoir pour répondre aux souhaits des clients, tout en s'inscrivant dans une approche circulaire évitant le retrait et le remplacement complet de cette composante.

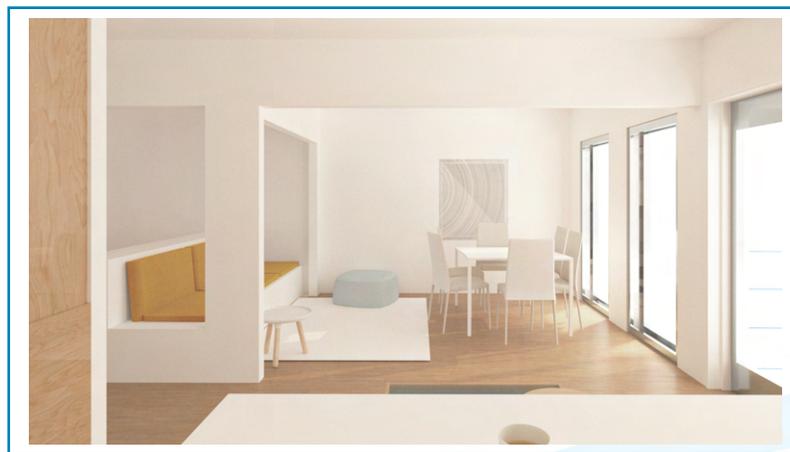


Figure 38 : Vue montrant un exemple de mobilier intégré à la découpe d'une cloison dans la salle à manger

L'espace dédié au travail, au piano et au salon à l'avant de la maison a été envisagé sous différentes configurations afin de se connecter à l'entrée principale. Conçu comme un lieu de travail collaboratif, cet espace vise à éviter l'encombrement de la table à manger par des activités liées aux devoirs des enfants ou à

permettre aux parents de travailler à distance. Cette pièce présente un enjeu d'insonorisation puisqu'elle est initialement ouverte par une arche existante. Ce cadre offre l'opportunité d'intégrer une vitre et un meuble de bureau, créant ainsi une paroi pouvant s'ouvrir pour une ventilation naturelle traversante, et qui une fois refermée maximise également l'apport de lumière naturelle. Cette verrière marque une limite fine entre les intentions de design et de circularité. D'un côté, elle met en valeur un élément existant du bâtiment, mais de l'autre, elle intègre des composants sur mesure, difficiles à déplacer ou à récupérer. Cependant, ces insertions peuvent être considérées de manière plus permanente puisqu'elles s'intègrent à l'architecture et non simplement comme un mobilier qui risque de changer plus fréquemment. L'importance dans ce type d'insertion est donc de prévoir des assemblages réversibles pour assurer la possibilité de recycler les différentes composantes plutôt que de les souder entre elles, par exemple.

Une attention considérable a été accordée à la conception du sous-sol, notamment suite à une nouvelle demande de la famille en lien avec une entrée à l'arrière au sous-sol. Le sous-sol comprend les trois chambres des enfants, une salle familiale comprenant l'espace d'entrée, une salle de bain et du rangement sous l'escalier. L'entrée au sous-sol a nécessité une réduction de l'importance de celle à l'avant de la maison au rez-de-chaussée, ce qui a exigé plusieurs ajustements au fil de la conception. La salle de bain partagée des trois enfants a nécessité une séparation des fonctions, à savoir les lavabos, la toilette et la salle de bain comprenant la laveuse et la sècheuse. Les trois chambres des enfants ont été conçues en intégrant des systèmes de rangement se fermant par des rideaux, une composante ayant un faible impact sur la structure en étant attachée au plafond en plus d'être modifiable par les clients au fil du temps, évitant l'insertion de mobilier fixe difficilement récupérable. Quelques cloisons au sous-sol sont également conçues comme des éléments de mobilier qui offrent des parois de rangement d'un côté et une paroi lisse de l'autre (Figures 19 et 20). Ces meubles attachés au plafond et au plancher permettaient d'envisager un agrandissement de la salle familiale, au départ d'un des enfants par exemple, en se déplaçant complètement.

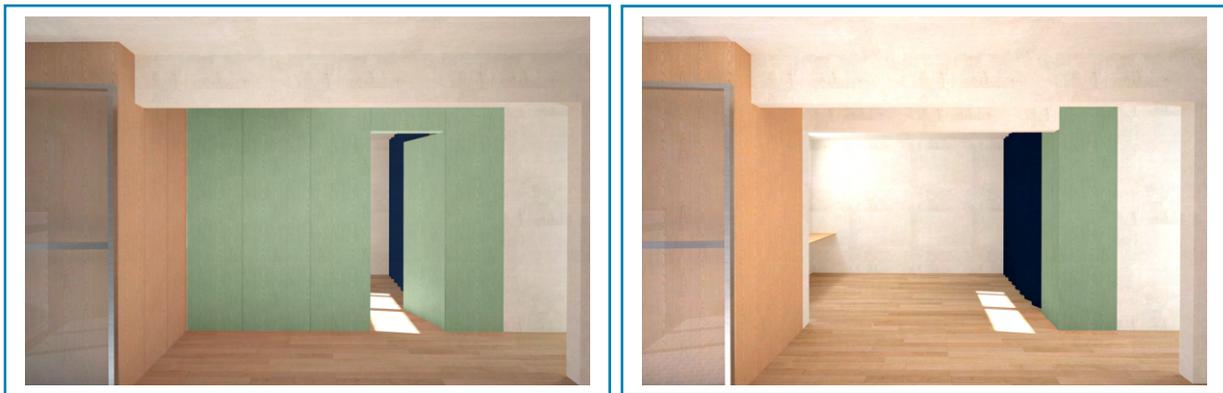


Figure 49 et 20 : Vue des cloisons amovibles au sous-sol permettant l'agrandissement futur de la salle familiale

Pour la liaison entre le sous-sol et la cour, il a été nécessaire de déterminer s'il y aurait une cour anglaise, ce qui représentait un investissement financier conséquent. La restauration de l'accès arrière existant pour le rendre conforme exigeait inévitablement une excavation pour l'ajout d'un drain, entraînant de nombreuses considérations quant à la taille de cette excavation. L'option de la cour anglaise offre une meilleure entrée de lumière en plus d'étendre l'espace de vie du sous-sol.

### Façade arrière et cour extérieure - Enjeux et problématiques

La cour extérieure est peu utilisée par la famille en raison de la grande superficie occupée par la galerie du rez-de-chaussée. Une option envisagée consiste à dégarnir la galerie arrière pour préserver la structure existante tout en permettant davantage de lumière sur la façade. On envisage également l'insertion de plantations, par exemple dans le cadre du balcon. Une autre option serait de retirer complètement la galerie du rez-de-chaussée afin d'avoir un accès minimal vers la cour tout en préservant l'escalier en colimaçon existant qui agit comme deuxième issue à l'unité locative au-dessus.

La famille envisage d'utiliser la cour arrière à des fins utilitaires (comme le rangement des vélos et de la voiture) mais également comme un lieu de rassemblement familial pendant l'été. Ces intentions nécessitent une connexion directe avec les espaces de vie intérieurs, tant au rez-de-chaussée qu'au sous-sol. Toutefois, les contraintes budgétaires limitent les aménagements possibles en arrière-cour, notamment en ce qui concerne la conception de rangements, d'abris pour voitures ou d'aménagements paysagers.

Maintenant que les espaces de vie sont orientés vers l'arrière, il est envisagé d'étirer les cadres existants sur la façade, l'une des stratégies circulaires développées précédemment, afin d'augmenter la superficie des fenêtres sans modifier la structure de la façade. En lien avec cette option, l'équipe explore la possibilité de se procurer des fenêtres réemployées provenant de surplus de chantier auprès de RÉCO.

### Décisions prises - Demande de permis

La préparation de la documentation pour la demande de permis a nécessité plusieurs ajustements en lien avec des approches circulaires :

- Au sous-sol, l'hésitation à adopter des cloisons amovibles sur une grande surface a entraîné une modification vers des cloisons régulières en gypse, remettant en question la circularité en termes de recyclage ou de désassemblage des nouveaux ajouts. Néanmoins, les rideaux ont été conservés comme système de fermeture pour les garde-robes des chambres d'enfant au sous-sol, offrant une solution flexible et facilement modifiable dans le temps. Les clients ont également choisi d'ajouter une cour anglaise connectée à l'entrée du sous-sol à l'arrière de la maison.
- Au rez-de-chaussée, la décision a été prise de retirer complètement le mur de la salle à manger plutôt que de le découper, ce qui exigera une finition plus précise, en plus d'entraîner davantage de déchets de chantier. Cette décision découle de la difficulté à trouver un équilibre entre le potentiel de l'arche créée par la découpe et les besoins des clients. La salle à manger ne comporte plus de mobilier intégré, mais évolue plutôt vers un espace flexible comprenant à la fois la table à manger et des fauteuils de lecture. De plus, le mur entre la salle à manger et la cuisine est complètement retiré, nécessitant l'ajout d'une poutre structurelle en remplacement du mur porteur. Pour l'ancien escalier, des insertions distinctes dans le plancher sont conservées pour refermer le trou résultant de son retrait, s'unifiant avec un marquage au sol là où les cloisons seront retirées. L'intention de marquage matériel est aussi transposée à des plans verticaux plutôt que de s'appliquer uniquement au sol (Figure 21). Des découpes spécifiques, notamment celle dans l'entrée avant avec un meuble de rangement intégré, ainsi que celle dans la salle de bains du rez-de-chaussée connectée à la chambre des maîtres, sont préservées. Certains éléments tels que la verrière et le bureau sur mesure dans le salon-travail à l'avant de la maison sont également maintenus dans le dossier de permis.

- Enfin, la façade arrière est dessinée à partir de fenêtres recyclées disponibles chez RÉCO, et la découpe du balcon sera préservée, nécessitant toutefois un renforcement de la structure existante pour le balcon à l'étage.



Figure 25 : Vue de la salle à manger démontrant un marquage matériel au mur à l'endroit d'une cloison retirée.

#### 4.7. ÉTAPE 6 : PROJET POUR CONSTRUCTION

Les derniers ajustements se situent entre la demande de permis et le commencement des travaux, s'étendant de septembre 2023 à décembre 2023. À ce stade, une réévaluation budgétaire significative de la part des clients a influencé la direction du projet, notamment en ce qui concerne la quantité et la portée des interventions circulaires. L'annexe à ce rapport inclut le [Dossier définitif en architecture](#).

##### **Enjeux et problématiques**

Une révision significative des plans met l'accent sur une approche plus économique en privilégiant des options plus standard et abordables plutôt que du mobilier sur mesure ou intégré.

Au rez-de-chaussée, la pièce du salon-travail à l'avant de la maison qui mettait à profit l'arche existante s'est vue confrontée au coût potentiellement élevé d'une verrière sur mesure pour la refermer. L'aménagement est donc reconsidéré en optant pour l'utilisation de mobilier existant comme le bureau, plutôt que de le concevoir sur mesure. L'accès entre la chambre et la salle de bain à l'étage a été retiré, préservant ainsi une portion inchangée par rapport au plan initial. Cette modification intègre par défaut les stratégies circulaires grâce à la conservation totale de la configuration existante. L'entrée avant est également réajustée avec une reconstruction prévue à partir de cloisons de gypse plutôt que de réaliser une découpe pour accueillir un élément de mobilier. Dans la cuisine, l'îlot sera aussi un achat plutôt qu'un élément de conception, abandonnant l'idée initiale de récupérer les armoires existantes pour concevoir cet îlot.

Malgré ces modifications, les aménagements extérieurs, tels que la découpe du balcon, la cour anglaise, et la composition de la façade arrière, sont conservés. Cependant, en raison de la fluctuation liée à la chaîne d'approvisionnement circulaire, il ne reste qu'une des trois fenêtres recyclées disponibles parmi celles envisagées dans la demande de permis. Des ajustements seront alors apportés au travail sur la façade par l'ajout de fenêtres neuves.

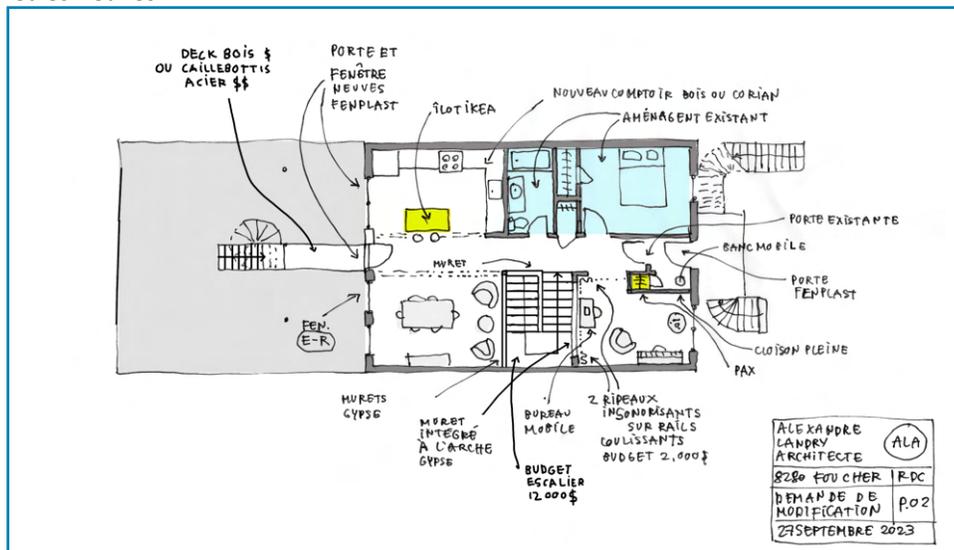


Figure 22 : Représentation en plan des modifications au rez-de-chaussée, dans laquelle la verrière et le mobilier de l'entrée sont toujours présents

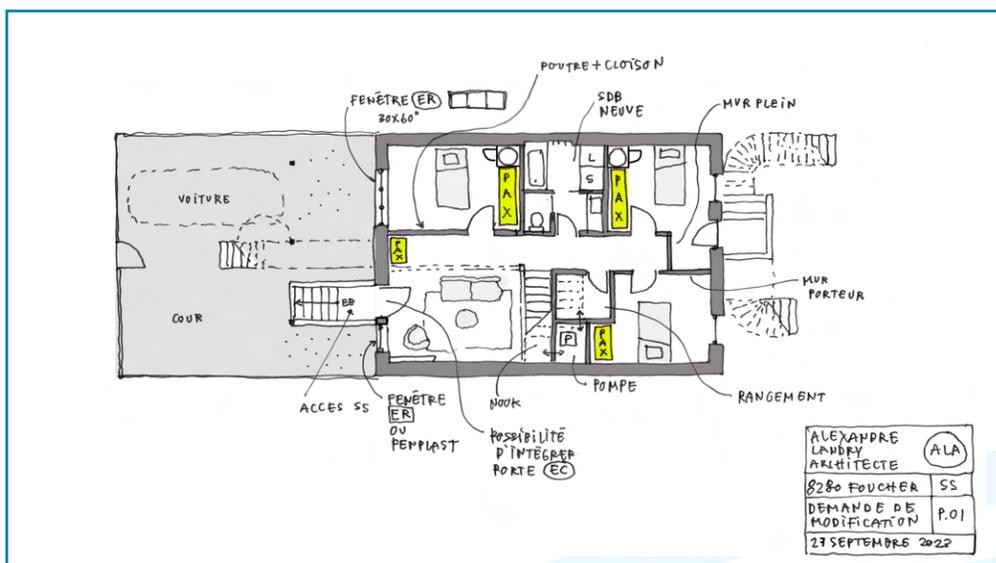


Figure 23 : Représentation en plan des modifications au sous-sol, dans laquelle la majorité des cloisons sont reconstruites et les interventions dans la cour demeurent minimales

## Décisions prises

Divers changements ont été apportés au projet, avec la décision de conserver une grande partie du rez-de-chaussée dans son état initial, comprenant la chambre, la salle de bain et la cuisine. Cependant, un ajustement majeur a été effectué à l'étage avec la fermeture de l'arche existante dans le salon-bureau, réalisée par la mise en place d'un mur de gypse. Au sous-sol et au rez-de-chaussée, de nombreuses cloisons ont été entièrement retirées, nécessitant des ajustements structurels. Parallèlement, plusieurs cloisons de gypse ont été ajoutées au sous-sol, bien que celles-ci ne s'arriment pas avec les interventions circulaires initialement envisagées.

L'absence d'utilisation de matériaux recyclés pour couvrir des surfaces ou s'insérer dans des cadres existants marque également un éloignement par rapport aux préoccupations initiales de circularité. De plus, on note les fluctuations rapides de la chaîne d'approvisionnement circulaire au niveau des fenêtres récupérées, avec seulement une fenêtre potentiellement récupérable, et non trois tel qu'envisagé dans la demande de permis. Par conséquent, les autres fenêtres ont été remplacées par des éléments neufs.

Finalement, peu d'initiatives concrètes ont été prise pour intégrer des éléments recyclables comportant des assemblages flexibles ou pour ajouter des matériaux recyclés au projet. Ces modifications ont conduit à une diminution significative de l'importance des approches de circularité dans le projet, tant dans la conception que dans les intentions des clients.

#### 4.8. ÉTAPE 7 : MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre du projet est incomplète au moment de rédiger ce rapport, c'est pourquoi cette étape se concentre davantage sur les enjeux rencontrés, notamment en raison de l'absence d'attribution d'un contrat de surveillance de chantier à l'architecte.

##### **Enjeux et problématiques**

L'un des principaux enjeux concerne la nécessité de percer les murs, afin de clarifier les incertitudes relatives à la structure dû à l'absence de percements exploratoires en début de projet. Bien que l'entrepreneur ait suivi le projet depuis les premières étapes et soit conscient des enjeux de circularité, il doit désormais gérer les imprévus qui se présentent. Il pourrait par exemple devoir résoudre des problèmes de conception si certaines hypothèses sur l'état des composants cachés se révélaient erronées. Malgré l'absence de supervision de l'architecte, ceci reste sous contrôle étant donnée l'expertise significative dans le domaine de la rénovation durable que possède l'entrepreneur.

Un autre enjeu réside dans l'incapacité à assurer un suivi de la gestion des déchets, notamment en ce qui concerne l'identification des matériaux pouvant être réutilisés ou recyclés dans de nouveaux projets, ainsi que la mise en place de pratiques visant à réduire les déchets et à optimiser la gestion des matériaux. Cet enjeu provient, entre autres, d'un manque de coordination entre le déroulement du projet, la coordination avec la chaîne d'approvisionnement circulaire de RÉCO et la mise en œuvre de la rénovation. Une meilleure intégration de ces trois aspects aurait pu orienter les méthodes de travail vers des approches plus durables et circulaires.

## 5. RÉSULTATS

Les résultats de la recherche se déclinent en trois parties:

- Expérimentation d'un mode de réalisation suivant un processus de conception intégrée (PCI) mobilisant des expertises de divers domaines qui supportent l'application des principes de l'économie circulaire en conception, fabrication et construction.
- Élaboration d'une liste de principes/stratégies d'économie circulaire pour faciliter la préservation, la modification et la conception dans un contexte de rénovation résidentielle.
- Identification des éléments et enjeux favorisant ou freinant la complétion d'une rénovation de bâti existant dans une perspective d'économie circulaire.

### 5.1. PROCESSUS

Le projet a été mené en suivant le modèle de *processus de conception intégrée* (PCI) qui diffère du mode de réalisation traditionnelle en réunissant des expertises complémentaires de divers domaines dès le début du processus de conception. Il s'agit d'une approche essentielle dans le cadre d'un projet de rénovation circulaire, puisqu'il intègre les personnes, les systèmes, les structures et les pratiques en un processus qui mobilise les participants en vue d'optimiser les résultats du projet et de maximiser l'efficacité à toutes les phases, soit la conception, la fabrication et la construction. La prise de décision et la gouvernance se font notamment en collaboration par un groupe de personnes représentant chacune des parties. Ce mode de réalisation promeut d'autant plus l'optimisation des solutions, le partage d'information et la résolution de problème en commun.

Dans le cas de ce projet, l'entrepreneur a participé dès le début au processus de conception et a contribué à diminuer les problèmes de constructibilité, ou du moins à les envisager rapidement. L'Atelier ¾ Fort a cumulé une expertise dans la rénovation résidentielle qui se distingue par une approche de fabrication et de construction durables et pérennes. L'implication et la proximité de l'entrepreneur à travers les différentes phases de projets en font une ressource essentielle, notamment en ce qui concerne la surveillance de chantier qui lui est exclusive – due à l'absence d'octroi d'un contrat de surveillance de chantier à l'architecte.

La plupart des projets abordant des considérations sur la circularité exigent un effort additionnel dans le processus de conception : l'adaptation et la récupération sont des domaines nécessitant entre autres une compréhension des matériaux, des structures existantes et des pratiques durables. La présence d'expertises variées en début de projet a sans doute accéléré de manière significative la recherche nécessaire pour concevoir des solutions circulaires adaptées. L'une des expertises externes pour le projet est celle de RÉCO: le pionnier du réemploi de matériaux à Montréal ayant pour mission d'atténuer l'empreinte écologique des déchets de la construction, sauvegarder le patrimoine bâti et accroître la résilience socio-économique des communautés. Les considérations sur la circularité ont ainsi été intégrées rapidement dans les phases de la conception, favorisant une approche holistique. Cependant, il est important de souligner que malgré les progrès réalisés, l'adaptation et la récupération restent des domaines où l'expertise spécifique demeure peu répandue. Ce projet permet aux personnes impliquées de contribuer au développement de cette expertise émergente dans le domaine de l'architecture circulaire.

## 5.2. STRATÉGIES

En suivant l'historique des propositions dans ce projet, une liste de stratégies circulaires a été formulée très tôt dans le processus de conception. Ces stratégies touchent à la préservation, la modification ou la conception de différentes composantes dans le projet. Cette liste, basée sur les *10R- Stratégies de l'économie circulaire* [voir la sous-section 4.3], est initialement conçue afin de s'arrimer au projet de conversion d'un plex. La présente section passe en revue chacune de ces stratégies afin de démontrer leur réalisation dans le projet final, les limites rencontrées ou encore leur potentiel d'application dans des projets futurs.

### 1. REFUSER DE DÉMOLIR

Refuser de démolir, c'est s'engager dans la préservation des structures existantes. Ce principe s'oppose à la démolition systématique généralement employée dans ce type de rénovation, privilégiant plutôt la conservation. L'objectif est d'adopter une série d'actions minimales, en reconnaissant que des interventions ciblées peuvent avoir un grand impact sans recourir à des transformations excessives. Ce principe dirige le projet dans son ensemble en favorisant la réutilisation et en minimisant les déchets, afin d'atteindre un équilibre entre l'efficacité économique et la durabilité.

Dans le cadre de ce projet, ce principe guide les premières étapes de la conception en encourageant l'équipe à envisager la transformation de l'espace à travers le plan des composantes existantes, plutôt que de « supprimer » directement tous les éléments en place.

### 2. IDENTIFIER LES ÉLÉMENTS FIXES

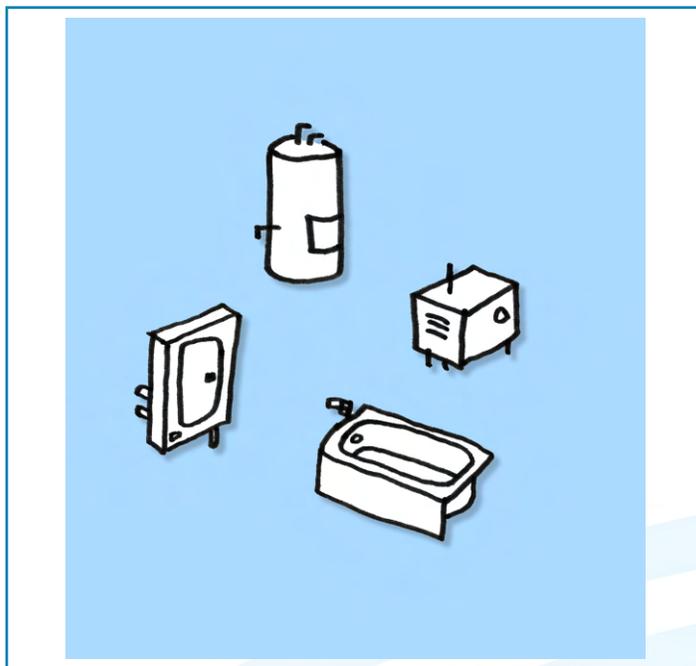


Figure 24 : Illustration du principe « Identifier les éléments fixes »

Cette deuxième stratégie découle de la première. Une fois que l'on s'engage à ne pas tout retirer, on doit identifier des éléments fixes dans le projet. Ces composantes établies définissent à la fois des contraintes et des opportunités dans l'espace. Ces éléments englobent tant des équipements individuels que des ensembles de dispositifs créant des systèmes.

En lien avec la réflexion sur les « shearing layers » du bâtiment [voir la sous-section 4.3], les équipements fixes ciblés dans ce projet comprennent surtout les équipements mécaniques : chauffe-eaux, panneau électrique, drain, ainsi que des électroménagers tels que la laveuse et la sécheuse. L'approche adoptée consiste à éviter autant que possible de déplacer ces éléments qui relèvent des *systèmes* (et non de *l'architecture du plan aménagé*), en étant conscient des défis que cela pourrait entraîner, notamment le besoin de prolonger les infrastructures mécaniques qui les desservent (tuyauterie et câblage). Les ensembles d'équipements formant des systèmes sont notamment la cuisine, où les équipements de ventilation, de tuyauterie, ainsi que des éléments intégrés tels que les comptoirs, armoires, revêtements, et les électroménagers avec des prises électriques déjà bien positionnées doivent être pris en considération. Un autre ensemble de dispositifs est présent dans les deux salles de bains existantes, incluant également de la tuyauterie et un système de ventilation ainsi que des équipements tels que la baignoire, la toilette, et l'évier.

Cette stratégie consiste à minimiser autant que possible les déplacements de ces ensembles et de ces équipements pour optimiser l'efficacité du projet en lien avec l'approche circulaire. Cette stratégie est également applicable à des composantes extérieures, notamment les escaliers, les balcons et les garde-corps. Dans le cadre de ce projet, tous ces éléments ont été conservé à l'avant du duplex.

### 3. S'INSÉRER DANS L'EXISTANT

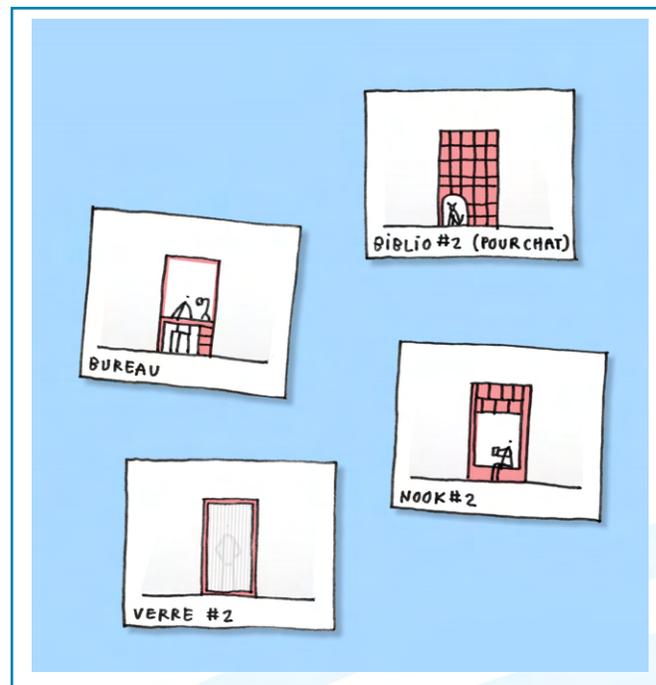


Figure 25 : Illustration du principe « S'insérer dans l'existant »

Cette stratégie repose sur des insertions architecturales qui s'intègrent dans des cadres existants, qu'il s'agisse de portes, d'arches ou même des vides laissés par des modifications préalables. Les insertions ajoutent parfois une fonctionnalité supplémentaire, mais peuvent également ajouter une capacité portante. Ces insertions peuvent être de nature temporaire en offrant ainsi une flexibilité puisqu'ils peuvent être facilement démontés. Des insertions légères, non structurelles, se distinguent par leur facilité d'entretien et leur caractère remplaçable : ceci permet de prévoir des adaptations plus faciles dans l'avenir selon les besoins qui sont nécessairement changeants. D'autres peuvent être de nature permanente, en étant par exemple fixées, tout en mettant en valeur l'état existant.

Le travail sur l'adaptation du plex a permis à l'équipe d'élaborer une première série de catégorisations de ces insertions. Ces catégorisations qui ont été pensées du point de vue de la circularité sont complémentaires (une même insertion cumule des caractéristiques de chacune des catégories). Les interventions sont ainsi définies par un ensemble de caractéristiques organisées selon les axes suivants :

- **Axe programmatique :**

- Insertion programmatique : Une insertion qui comprend une fonction programmatique au-delà de sa forme architecturale. C'est le cas par exemple des insertions intégrant une bibliothèque, un bureau ou une niche pour lecture tel qu'illustré dans la Figure 25.
- Insertion non-programmatique : Une insertion qui ne comprend pas de fonction programmatique : par exemple, une verrière.

- **Axe structural :**

- Insertion structurale : Une insertion qui comprend une capacité structurale. Par exemple : combler un vide dans une section de plancher.
- Insertion non-structurale : Une insertion qui ne comprend pas de capacité structurale, par exemple un simple cadre, ou encore un élément de mobilier intégré mobile.

- **Axe temporel :**

- Insertion non-solidaire : Une insertion qui est flexible et facilement remplaçable. Par exemple : l'insertion de rideaux de séparation qui peuvent être retirés sans intervention architecturale majeure.
- Insertion solidaire : Une insertion qui est fixe et plus durable dans le temps, par exemple un mobilier intégré fixe ou un élément de cloison. Naturellement, les insertions structurales sont plutôt de nature solidaire.

- **Axe matériel :**

- Insertion intégrant des composants neufs : Une insertion qui est fabriquée principalement à partir de matériaux neufs.
- Insertion intégrant des composants recyclés : Une insertion qui est essentiellement composée de matériaux réutilisés ou recyclés. Dans le cadre d'une rénovation circulaire, c'est bien entendu ce type d'insertion qui devrait être privilégié. La capacité structurale d'une telle insertion doit être validée.

Dans ce projet, plusieurs interventions utilisent cette stratégie d'insertions architecturales. Les figures 26 et 27 en identifient certaines.

Voici une description de l'insertion A dans la Figure 26 : Étant donné que l'escalier existant ne respectait pas les normes du Code du bâtiment, il était nécessaire de le remplacer. L'équipe de conception a alors modifié son emplacement dans le projet pour le rendre plus optimal, créant ainsi un espace vacant dans le plancher suite au retrait de l'escalier initial. Dans la proposition d'aménagement, ce vide est devenu une opportunité pour l'incorporation d'un matériau distinct du plancher d'origine [Insertion A], matérialisant ainsi les changements apportés. Plutôt que d'opter pour un remplacement complet du plancher ou de s'assurer d'une intégration homogène, la décision de se démarquer a été prise dans un souci de conception. Cette intervention est donc de nature non-programmatique, structurale, solidaire et les matériaux envisagés pour le remplissage étaient de la tuile récupérée chez RÉCO.

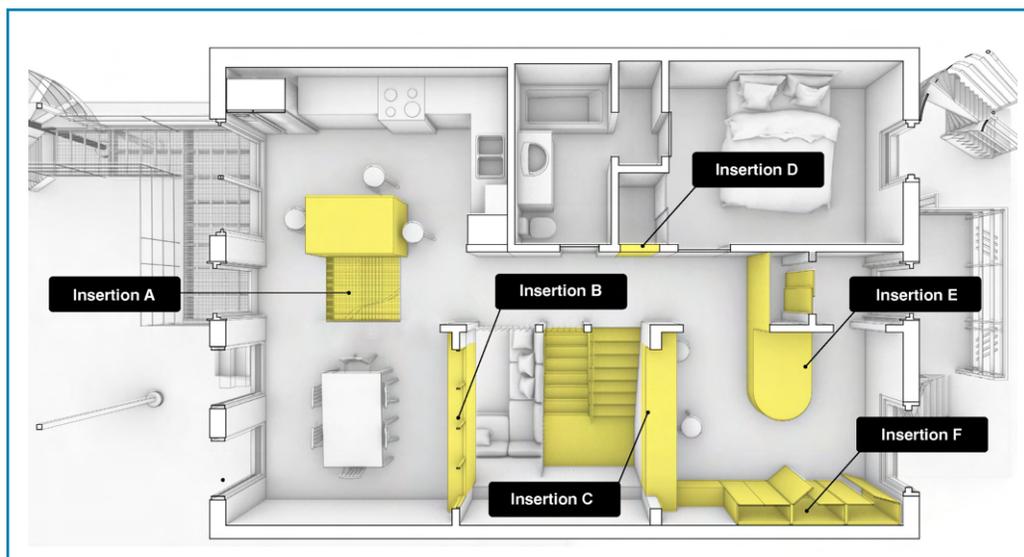


Figure 26 : Plan perspective mettant en évidence des insertions variées.

Description des insertions dans la Figure 26 :

Insertion	Description	Axe programmatique	Axe structural	Axe temporel	Axe matériel
Insertion A	Insertion de matériau dans ouverture de plancher suite à l'élimination de l'escalier	Non-programmatique	Structurale	Solidaire	Matériaux récupérés
Insertion B	Verrière	Non-programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux neufs
Insertion C	Bureau	Programmatique	Non structurale	Non-solidaire	Matériaux neufs
Insertion D	Porte	Non-programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux récupérés
Insertion E	Mobilier	Programmatique	Non structurale	Non-solidaire	Matériaux neufs
Insertion F	Mobilier	Programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux neufs

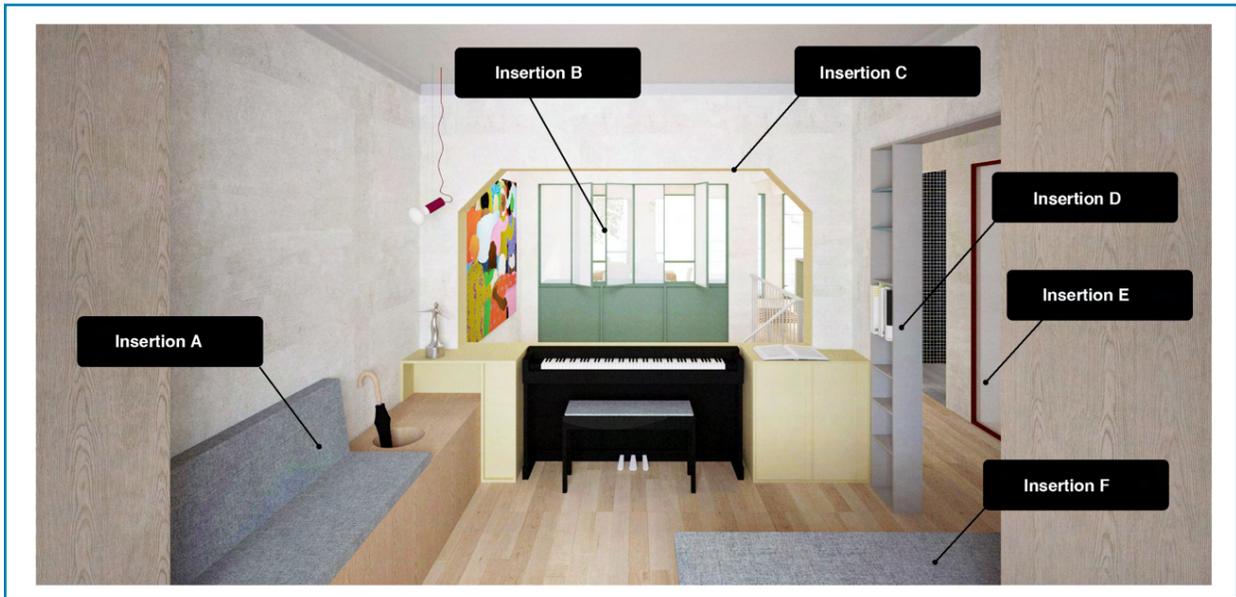


Figure 27 : Extrait d'une présentation, vue démontrant diverses insertions architecturales.

Description des insertions dans la Figure 27 (ce document réfère à une version différente du projet que la Figure 26: les insertions sont différentes tant en termes de solutions qu'en terme de types):

Insertion	Description	Axe programmatique	Axe structural	Axe temporel	Axe matériel
Insertion A	Mobilier	Programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux neufs
Insertion B	Verrière	Non-programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux neufs
Insertion C	Cadre de l'ouverture	Programmatique	Non structurale	Non-solidaire	Matériaux neufs
Insertion D	Bibliothèque	Programmatique	Non structurale	Non-solidaire	Matériaux neufs
Insertion E	Porte	Non-programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux récupérés
Insertion F	Mobilier	Programmatique	Non structurale	Solidaire	Matériaux neufs

Certaines interventions légères impliquent par exemple l'ajout de mobilier intégré dans les cadres existants que l'on préfère condamner, plutôt que de refermer les cloisons avec du gypse, ce dernier étant pratiquement impossible à récupérer. Par exemple, l'insertion d'une bibliothèque dans un cadre existant se caractérise par l'ajout d'une fonction plutôt opaque, sans capacité structurale et non-solidaire au cadre bâti. D'autres interventions, telles que l'installation de rideaux pour fermer des espaces de rangement, offrent une alternative à la construction de nouvelles cloisons. En plus de fournir des propriétés d'isolation acoustique et thermique, ces rideaux sont faciles à entretenir et peuvent être changés par les clients dans le futur pour s'adapter à de nouvelles préférences. Ils laissent également peu de traces physiques dans l'espace en s'accrochant aux parois existantes. Cette insertion n'intègre pas un nouvel élément programmatique, mais comme la bibliothèque il s'agit d'une composante fabriquée sur mesure à partir de matériaux neufs qui est non-solidaire et non-structurale.

#### 4. DÉCOUPER DES ÉLÉMENTS EXISTANTS

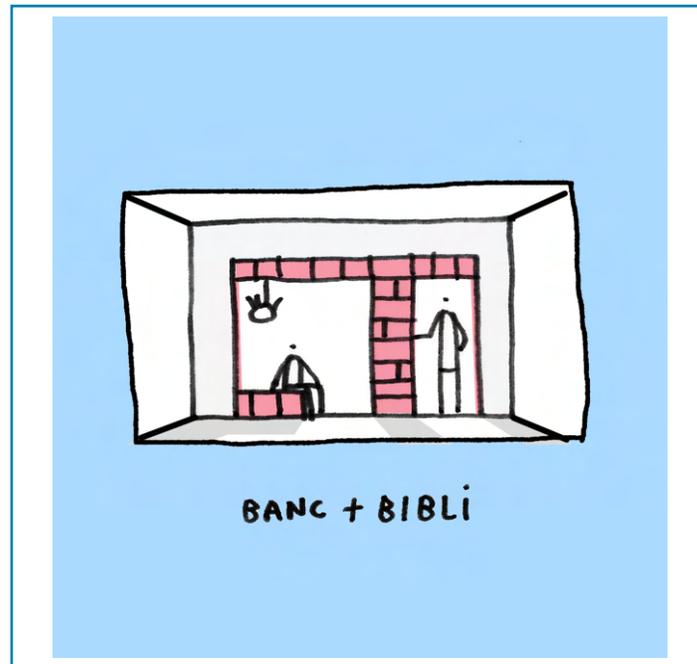


Figure 28 : Illustration du principe « Découper »

Cette stratégie découpe et dégarnit des cloisons existantes, créant de nouvelles opportunités d'insertions architecturales fonctionnelle ou structurales, conformément au principe précédent. Appliquée aux diverses surfaces intérieures du projet, telles que les planchers et les cloisons, cette stratégie se traduit par l'élimination ou la réduction de surfaces opaques, ce qui a pour effet de décroisonner l'espace et d'y faire entrer davantage de lumière. Cette pratique est particulièrement bénéfique dans un contexte urbain dense où la disponibilité de lumière peut être limitée, faisant de cette stratégie une solution qui propose une solution alternative aux pratiques traditionnelles de tout arracher.

La découpe permet de conserver les systèmes existants, en insérant par exemples de nouveaux éléments sans augmentation de la charge structurale, et s'adaptent facilement aux conditions existantes non visibles. Découper une cloison consiste à retirer un fragment d'une surface existante, plutôt que de la retirer complètement, en venant la délimiter par des marges qui réduisent ainsi l'exigence de précision pour d'éventuels joints. Cette opération génère de nouveaux cadres qui offrent la possibilité d'envisager l'ajout de surfaces légères complémentaires.

Dans la proposition d'aménagement, l'idée de découpe était envisagée à trois endroits dans le projet. Tout d'abord, à l'avant du projet, une petite ouverture était prévue dans une cloison existante pour élargir le vestibule, répondant ainsi au souhait d'une entrée plus spacieuse. Une deuxième découpe était planifiée entre la chambre principale et la salle de bain à l'étage, créant ainsi une connexion entre ces deux espaces en accord avec les préférences des clients.

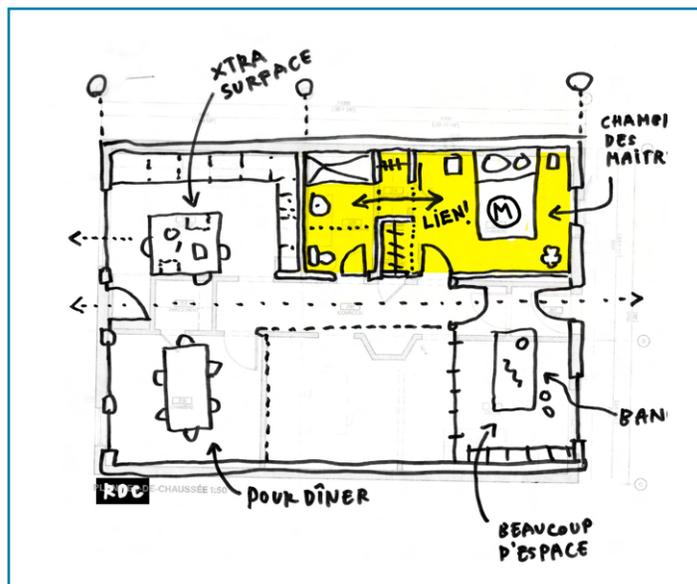
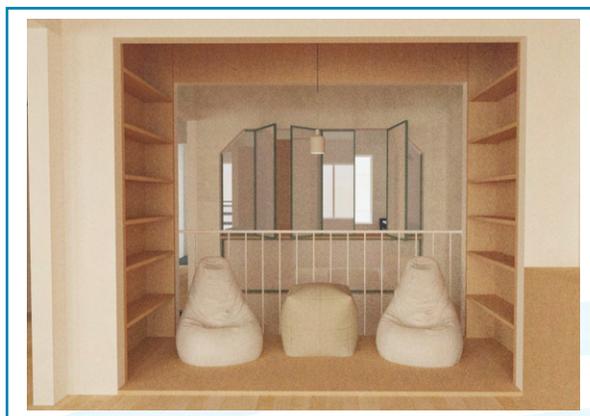


Figure 29 : Schématisation du lien créer par une découpe entre la salle de bain et la chambre des maitres

Enfin, la dernière découpe était prévue sur une cloison initialement séparant une chambre et la salle à manger au rez-de-chaussée. Dans la proposition finale, cette cloison était désormais dans l'espace de la salle à manger, connecté à l'escalier de la maison. La découpe de cette cloison visait à créer un nouvel espace plus vaste et ouvert, dont l'arche formée par cette découpe présentait une opportunité de design, pouvant être accentuée par l'utilisation de couleur, texture, ou même une installation lumineuse. Cette découpe a également créé une fine limite où l'équipe de conception imaginait des éléments de mobiliers de différentes natures au fil des propositions (espace de lecture, buffet, banquette) en plus de laisser des traces de la configuration initiale du plex.



Figures 30 et 31 : Vue d'une cloison découpée créant une nouvelle arche dans la salle à manger et son potentiel d'aménagement

La découpe est une stratégie qui peut être également appliquée aux éléments extérieurs de la maison. Dans ce projet, le balcon du rez-de-chaussée a été découpé pour permettre à la lumière d'entrer au sous-sol tout en révélant davantage d'espaces habitables au niveau du sol. Les éléments clés de ce système, tels que le balcon à l'étage, les garde-corps et l'escalier en colimaçon, ont été préservés, et la structure a été renforcée pour supporter le balcon à l'étage, dont les extrémités n'étaient plus alignées avec celles du bas.

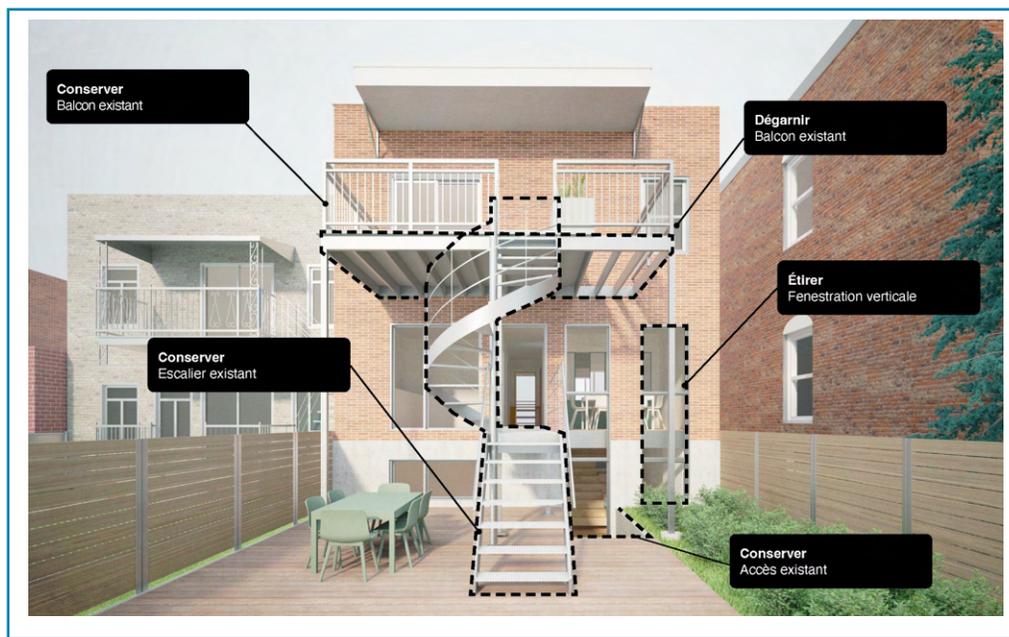


Figure 32 : Élévation arrière annotée démontrant la découpe du balcon au rez-de-chaussée pour en conserver une passerelle

## 5. DÉGARNIR DES ÉLÉMENTS EXISTANTS



Figure 33 : Illustration du principe « Dégarnir »

Dégarnir vise à conserver partiellement des éléments existants, par exemple, en permettant une transparence à travers des éléments de structure. Une fois dégarni, le vide restant (entre les montants lorsqu'il s'agit d'une cloison ou des solives dans le cas d'un plancher) laisse désormais place à des insertions potentielles tirées du principe *S'insérer dans l'existant*. On distingue deux types de composantes qui nécessitent une application variée de l'action de dégarnir : les composantes structurales et les composantes non-structurales.

Lorsque cette stratégie s'applique à une composante structurale (par exemple, un mur porteur), on ne peut dégarnir partiellement une cloison en conservant les montants pour en faire une limite plus perméable. Il est, en effet, nécessaire de conserver la résistance au feu prescrite par le Code du bâtiment et il faut donc prévoir ignifuger la structure maintenant découverte. Bien que cette démarche puisse être techniquement réalisée, il est nécessaire de réévaluer l'impact de cette pratique en termes d'efforts pour la mettre en œuvre.

Cette contrainte n'est toutefois pas applicable pour des cloisons non-structurales dont les montants peuvent être laissés à découvert. C'est pourquoi, à l'étape de la proposition d'aménagement, on note une cloison au sous-sol constituant une limite avec l'escalier qui a été dégarni et recouverte de matériaux recyclés transparents (Figure 34).

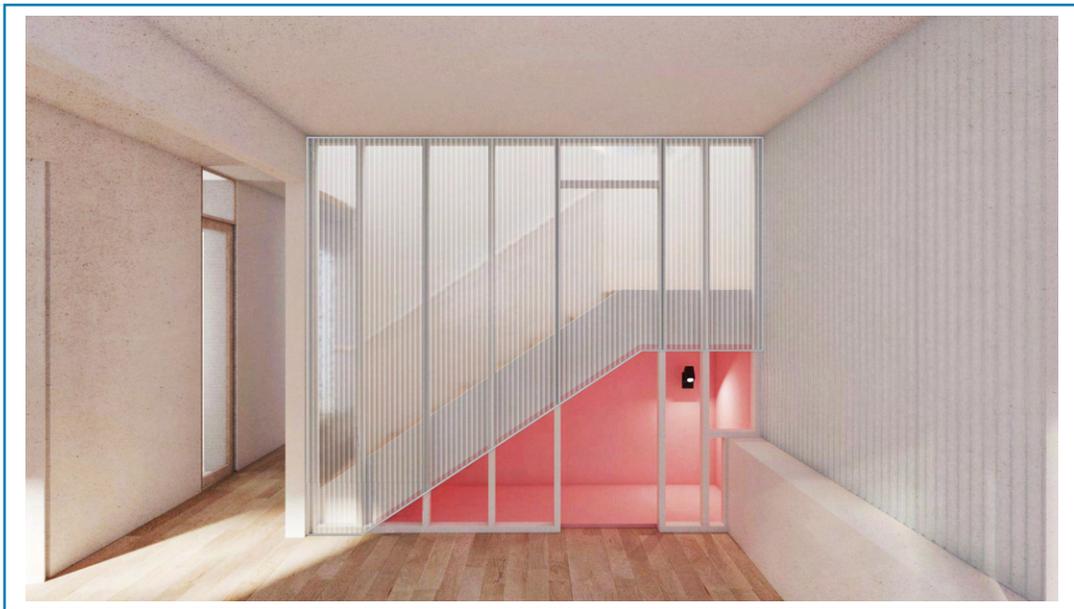


Figure 34 : Vue de la cloison dégarnie au sous-sol, extrait de la proposition d'aménagement

Bien que cette stratégie ait trouvé peu d'application dans le *Duplex Circulaire*, elle demeure potentiellement applicable aisément dans d'autres types bâtiment comprenant par exemple une structure d'acier.

## 6. ÉTIRER DES OUVERTURES EXISTANTES

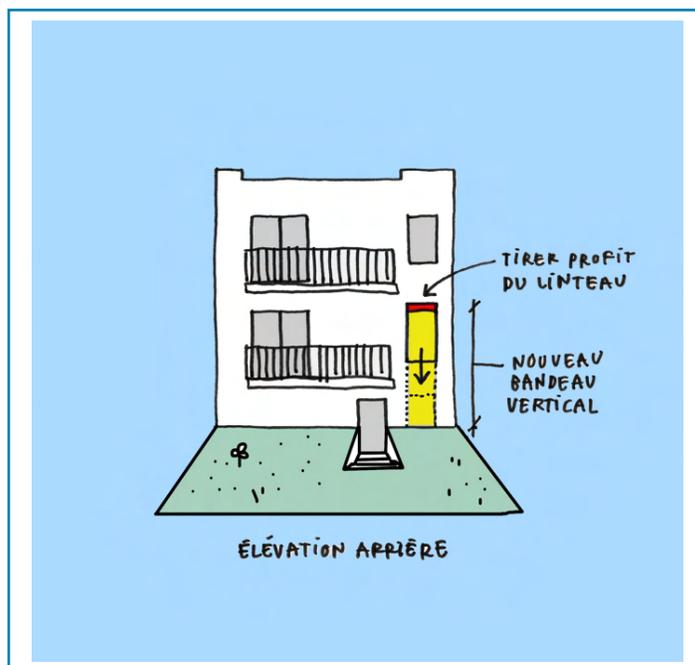


Figure 35 : Illustration du principe « Étirer »

Cette stratégie de conception, applicable aux façades du bâtiment, consiste à agrandir en étendant vers le bas les ouvertures déjà existantes dans un bâtiment. Ceci permet d'utiliser les linteaux existants pour le transfert de charge et donc de ne pas devoir altérer la structure existante par l'ajout de nouveaux linteaux. Plutôt que de retirer et reconstruire des systèmes d'ouvertures, le transfert de charge permet de soutenir les charges supplémentaires engendrées par l'agrandissement des ouvertures, préservant ainsi la stabilité structurelle. Cette stratégie s'inscrit dans l'idée de segmenter le bâtiment en couches et à intervenir de manière minimale sur une couche à la fois, en l'occurrence l'enveloppe extérieure dans ce cas précis.

## 7. PROLONGER LA DURÉE DE VIE

Prolonger la durée de vie est un principe général qui reprend trois des 10R, soit de réutiliser, recycler et récupérer. Prolonger la durée de vie s'applique non seulement à des éléments déjà présents, mais aussi aux nouveaux dispositifs qui s'intégreront dans le projet.

La réutilisation implique la préservation d'éléments fonctionnels dans leur état original (tels que portes, fenêtres, ou éléments de structure) afin de les réintégrer dans le projet. Le recyclage est un processus visant à transformer des matériaux existants en de nouvelles composantes, réduisant ainsi le besoin de nouvelles ressources. En parallèle, la récupération se concentre sur l'extraction et la réutilisation des matériaux de construction d'origine, même s'ils ont été altérés, offrant ainsi une deuxième vie à ces composantes. Cette stratégie de conception circulaire contribue non seulement à réduire les déchets de construction, mais elle favorise également un cycle plus durable en minimisant l'impact environnemental en conservant la valeur intrinsèque des matériaux.

### Réemploi de produits

Le processus de réemploi est principalement axé sur les matériaux et les produits qui viennent compléter de manière plus étendue les systèmes du bâtiment. Dans la proposition d'aménagement, de nouveaux percements sont envisagés dans l'enveloppe de la façade arrière pour maximiser l'entrée de lumière naturelle. Ces nouvelles ouvertures sont positionnées à partir de fenêtres récupérées chez RÉCO, imposant certaines contraintes de forme et de taille (Figure 36). Cependant, cette démarche de récupération constitue un exercice de conception qui offre une seconde vie à des fenêtres en bon état tout en permettant une réduction des coûts par rapport à l'installation de nouvelles fenêtres. L'élévation est ainsi dessinée en se basant sur un ensemble de fenêtres préalablement mesurées sur place par l'équipe de conception chez RÉCO.



Figure 36 : Représentation d'un lot de fenêtres préalablement mesurées chez RÉCO et intégrées au logiciel AUTOCAD pour la conception de l'élévation arrière.

### Réemploi de matériaux

Deux catégories de matériaux récupérés se distinguent : ceux issus du projet lui-même et ceux provenant de chez RÉCO. Par exemple, lors du démantèlement de la cuisine au sous-sol, les armoires sont récupérées et réinstallées dans un îlot de cuisine fait sur mesure (Figure 37). Ainsi, les matériaux sont réutilisés sur place, leur offrant une seconde vie. D'autres matériaux recyclés sont utilisés à diverses fins, que ce soit pour marquer des interventions ou pour leurs qualités matérielles. Par exemple, afin de souligner le retrait de murs d'origine, les espaces sont comblés par des tuiles de céramique recyclées, et au sous-sol, certaines surfaces sont recouvertes de matériaux offrant des propriétés réfléchissantes ou transparentes. L'idée sous-jacente est de minimiser l'utilisation de nouveaux matériaux et de privilégier le réemploi au sein même du projet avant de se départir de certaines composantes.

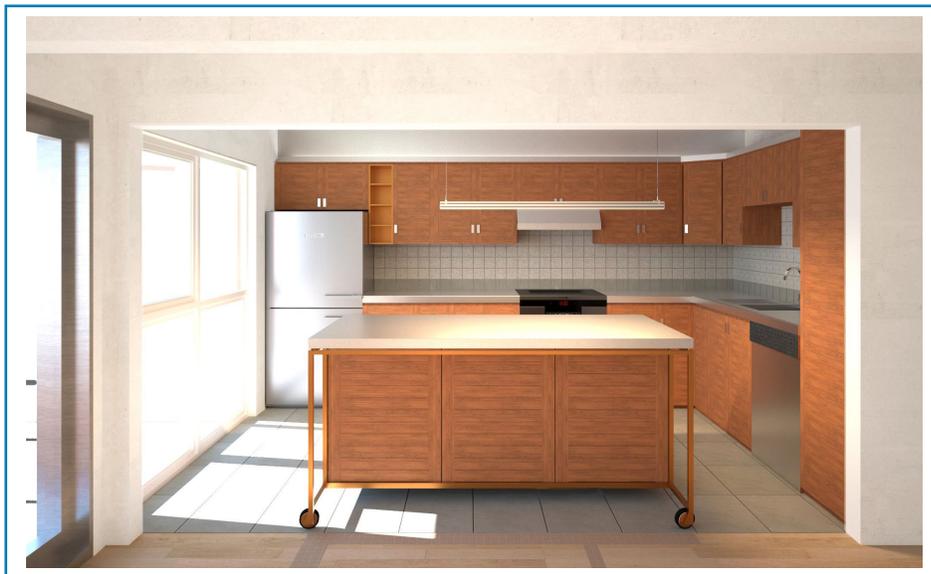


Figure 37 : Récupération des cabinets de cuisine du sous-sol pour la conception d'un îlot sur mesure

Les ajouts réalisés dans le cadre du projet ne se limitent pas uniquement au réemploi, mais englobent également des éléments « neufs » lorsque cela s'avère nécessaire. Cette stratégie circulaire envisage que même ces ajouts récents auront, au cours de leur cycle de vie, la possibilité d'être réutilisés, recyclés ou récupérés. Cette réflexion élargie s'étend également aux choix des assemblages et des matériaux utilisés, afin de garantir une durabilité et une gestion plus responsable des ressources. Les assemblages sont pensés de manière à faciliter le démontage et la réutilisation, favorisant ainsi une approche circulaire qui prolonge la durée de vie.

## 6. ENJEUX

Le travail sur la rénovation du duplex a permis de faire ressortir de nombreux enjeux et problématiques qui seront certainement présentes dans toute initiative de rénovation circulaire future. Certains de ces enjeux sont liés au contexte spécifique du projet, alors que d'autres sont liés à l'état des pratiques et façons de faire au moment où le projet a eu lieu.

### 6.1. EXIGENCES DU CLIENT

Les exigences spécifiques du client peuvent prendre la priorité sur la posture conceptuelle du projet d'architecture, notamment dans le cas d'une approche circulaire. Ces besoins peuvent influencer la configuration et la forme du bâtiment, et peuvent parfois être en décalage avec les principes d'une conception circulaire, si l'approche circulaire ne fait pas partie des objectifs du programme initialement fourni par les clients, ce qui est actuellement souvent le cas.

Ce décalage entre besoins personnels et approche circulaire peut être tendu dans le cas de petits projets comme la rénovation d'un plex résidentiel. Dans ce cas où le donneur d'ouvrage est, souvent, un individu privé avec des ressources financières limitées, les contraintes budgétaires peuvent forcer une priorisation des besoins pratiques. Ainsi, le client peut privilégier des solutions pragmatiques, même si elles ne correspondent pas pleinement à une vision conceptuelle axée sur la circularité.

Une approche pour pallier ces contraintes monétaires consisterait à identifier des incitatifs financiers (financement à taux préférentiels par les institutions, subventions gouvernementales) qui rendraient la mise en œuvre de pratiques circulaires plus attrayante pour les clients. Pour sensibiliser la clientèle à l'approche circulaire, des projets pilotes démontrant les avantages concrets de cette méthode pourraient être mis en place. Non seulement ces exemples illustreraient la faisabilité de l'approche circulaire, mais pourraient également susciter de l'intérêt en mettant en évidence les bénéfices économiques, environnementaux et sociaux. En fournissant des exemples et des images accessibles, on pourrait générer une compréhension mutuelle entre l'architecte et le client, facilitant ainsi l'adoption de principes circulaires dans la conception architecturale.

L'éducation et la sensibilisation des clients sur les avantages de cette approche peut également les inciter à envisager des compromis qui répondent à la fois à leurs besoins spécifiques et aux objectifs circulaires. Une solution consiste à introduire progressivement des éléments circulaires au cours du développement du projet, créant un équilibre entre les demandes spécifiques et les interventions circulaires.

### 6.2. GESTION DE L'INCONNU

La problématique de la gestion de l'inconnu est au cœur de la rénovation circulaire de bâtiments existants et touche à plusieurs thèmes complémentaires.

#### 1. INTERVENTION DANS L'EXISTANT

L'intervention dans un bâtiment existant est toujours plus complexe que la construction neuve en raison de l'arrimage d'exigences normatives à des conditions constructives inconnues. Dans le contexte du *Duplex circulaire*, toute clarté constructive initiale est opacifiée par les différentes transformations qu'a subies le bâtiment durant sa durée de vie. Les compositions de mur, l'état des composantes, la condition des

éléments d'enveloppe et de structure non-apparents n'ont pas pu être confirmés en raison de l'occupation des logements durant la phase de conception. L'absence de percées exploratoires rend ainsi impossible d'éclairer ou encore de valider toutes questions portant sur les composantes non-apparentes du bâtiment. C'est une situation qui risque fort d'être très commune dans ce type de projet. Au-delà du relevé permettant le dimensionnement sommaire du bâtiment et des expertises des maîtres d'œuvre en lien avec la démolition et la transformation de bâtiments de même typologie et de même époque, le bâtiment dans son ensemble est un inconnu. Ce flou implique un défi quant à l'identification d'éléments pouvant être conservés et récupérés. Il entraîne également un enjeu en ce qui a trait à l'identification de composantes devant être remplacés, ce qui empêche d'anticiper les délais d'approvisionnement de matériaux de réemploi ou encore permettre de réserver des composantes de remplacement.

Dans une situation idéale, pour éviter que l'intervention dans l'existant ne génère des situations problématiques à long terme, il faudrait pouvoir faire des relevés exploratoires dès le début du processus ou avoir des données numériques sur l'état du bâtiment et sur les différentes interventions qu'il a subies. Plus ces ouvertures sont étendues, plus la réalité de l'état réel du bâti existant est connue, et plus la problématique de l'inconnu est contrôlée.

## 2. CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT CIRCULAIRE

L'approvisionnement en matériaux issus du réemploi présente des difficultés importantes dues au manque d'infrastructures et à la petite échelle des réseaux du réemploi au Québec. La solidification de cette chaîne d'approvisionnement circulaire dans le futur contribuerait à réduire grandement les efforts que doivent mobiliser les concepteurs et entrepreneurs qui souhaitent y recourir.

Lors d'une rencontre de travail sur le *Duplex circulaire*, faisant référence au principe « Form Follows Function » formulée en 1896 par Louis Sullivan, Alexandre Landry, un des responsables du projet, note que « la circularité transforme notre métier : on passe de 'la forme suit la fonction' à 'la forme suit la disponibilité. » Cette maxime a accompagné l'évolution du projet tout au long des étapes<sup>2</sup>. Ce principe repose sur l'idée que les matériaux et les ressources disponibles sont dépendantes de ce qui a été recyclé et récupéré par les organismes spécialisés dans la récupération des déchets. Dans ce contexte, la conception de certains éléments du projet ne peut alors commencer avec une idée préconçue détachée de la réalité : le processus est plutôt contraint par la disponibilité des matériaux et systèmes recyclés qui ont été collectés, triés et préparés. L'équipe de conception doit alors travailler avec des caractéristiques particulières de chaque matériau, en plus d'explorer des techniques pour les assembler afin de créer des systèmes fonctionnels et durables qui prend conscience des ressources limitées.

Dans le cas du *Duplex circulaire*, la chaîne d'approvisionnement circulaire de l'organisme RÉCO, collaborateur important dans le développement du projet, a été mobilisée notamment pour la récupération de trois fenêtres pour la construction de l'élévation arrière. Cependant, aucune fenêtre récupérée n'a été finalement conservée à l'étape de mise en œuvre du projet. Ceci est dû, en partie, au

---

<sup>2</sup> En fin de processus, nous avons découvert qu'une formulation similaire a été avancée dans un récent article de conférence scientifique : Josefsson, Taleen Astrid et Liane Thuvander. "Form Follows Availability: The Reuse Revolution", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 588, 1.11 – 1.14. Il est important de citer cette publication, tout en soulignant qu'il n'y a aucun lien d'influence entre celle-ci et la formulation faite dans le cadre du projet *Duplex circulaire*.

décalage entre les grandeurs disponibles et les exigences des clients qui désiraient de plus grandes fenêtres. Mais c'est également dû au fait que l'entrepreneur responsable de l'installation des fenêtres neuves ne pouvait garantir son travail sur des produits usagés. Cette seconde raison est une autre matérialisation de l'enjeu de l'inconnu dans les projets de rénovation circulaire : comment s'assurer de la valeur d'un matériau ou d'un système constructif dans le contexte d'un milieu professionnel fortement soucieux de la gestion du risque? Une solution serait d'intégrer ces éléments récupérés et réutilisés dans des parties du bâtiment où les exigences de garantie de performance ne sont pas aussi problématiques que peuvent l'être l'enveloppe ou le système structural. Cette piste permet d'éviter certaines situations difficiles, mais il reste que la question de la valeur de la performance des éléments issus des chaînes d'approvisionnement circulaires devrait faire l'objet d'une réflexion plus poussée pour faciliter leur intégration dans de nouveaux projets.

### 6.3. NUMÉRISATION DU DOMAINE DE LA CONSTRUCTION

Pour pouvoir approcher un bâtiment existant de façon circulaire, il est nécessaire de le considérer non pas comme un tout monolithique, ni même comme un ensemble de couches disjointes (selon le concept de « shearing layers »), mais comme un ensemble cohérent d'informations qui regroupe matériaux disponibles, assemblages, états de dégradation, historique d'opérations et de transformations, etc. Dans ce contexte, la MDB (Modélisation des Données du Bâtiment, BIM) s'avère être la façon la plus efficace pour identifier clairement les potentialités d'un bâtiment existant et les façons de le rénover de façon circulaire. Cette approche permet de réduire la charge d'inconnu décrite précédemment, tout en faisant passer le bâtiment d'un objet statique à un système dynamique. En d'autres mots, la MDB permet de quantifier des données en visualisant le bâtiment comme un système dans son état actuel, mettant en évidence le fait que le bâtiment n'est pas simplement un objet neuf, mais plutôt un ensemble de systèmes nécessitant une modélisation temporelle.

L'effort de coordination avec l'équipe solution #8A du Lab Construction présentée dans la sous-section 4.5 du présent rapport allait dans ce sens. Elle a permis d'identifier un outil potentiel très prometteur mais il n'a pas été possible de matérialiser cet outil dans le cadre temporel du projet. Cet échec est en grande partie liée au niveau de numérisation dans le domaine de la construction. En effet, celui-ci est encore trop peu avancé pour systématiser le recours à des outils décisionnels avancés. Une intervention sur un projet de petite échelle comme le *Duplex circulaire*, financée par des clients privés avec un budget très limité, est un contexte dans lequel il est difficile de mobiliser des ressources de modélisation avancées. Avec la démocratisation de la MDB et sa place croissante dans la pratique architecturale professionnelle, cette situation est appelée à s'améliorer dans l'avenir.

D'ici une adoption globale de la MDB, il reste que des pistes de travail sont possibles. Nous avons mentionné, dans la section 4.5, l'importance de l'information matérielle dans les modèles réalisés tout au long des processus, ce qui n'est pas compatible avec le logiciel Sketchup qui se limite à la modélisation de formes sans information constructive sous-jacente. L'expérience du *Duplex circulaire* nous pousse à souligner la nécessité d'avoir recours à des logiciels qui permettent l'intégration de telles informations. Ceci pourrait permettre l'intégration d'outils quantitatifs d'évaluation comme celui qui faisait l'objet du travail de l'équipe #8A, sans nécessairement impliquer les efforts dispendieux liés à une MDB exhaustive par les concepteurs.

Il reste que la MDB est une solution idéale dans le cas de la rénovation circulaire (et même de la construction circulaire) et permet de produire un document de référence (le jumeau numérique) qui peut être mobilisé à régulièrement dans la vie d'un bâtiment, rendant d'autant plus aisées des interventions circulaires à tout

moment, selon les besoins, et ce, par des acteurs différents (nouveaux propriétaires, nouveaux concepteurs, etc.).

#### 6.4. CHAÎNES D'APPROVISIONNEMENT CIRCULAIRES

Nous avons mentionné dans ce qui précède la part d'inconnu qui touche les chaînes d'approvisionnement circulaires, tant au niveau de la disponibilité des ressources que de la garantie légale des installations qui y sont liées. Il est important de mentionner également que, dans certains cas, le réemploi de matériaux s'aligne avec les impératifs budgétaires des clients et constitue une opportunité de réduire les coûts liés à l'utilisation de matériaux neufs. Ainsi, dans le cas du *Duplex circulaire*, un lot de trois fenêtres issues de l'inventaire de RÉCO devait être utilisé dans le projet. Ces fenêtres, pratiquement neuves, auraient coûté nettement moins cher que des fenêtres neuves fabriquées sur mesure. RÉCO étant un organisme de bienfaisance, les fenêtres étaient libres de taxes et les clients auraient également reçu un crédit d'impôt pour cet achat. Ces avantages peuvent contribuer à la bonification du budget limité dans le cas de projets de petite échelle, surtout si le recours aux chaînes d'approvisionnement circulaires est systématisé et étendu.

#### 6.5. OUTILS DE COMMUNICATION

Dès le début du projet, un des éléments qui semblait le plus problématique était le passage de l'information: dans le contexte d'un projet où de nombreuses informations restaient inconnues, comment assurer une certaine précision dans la communication des décisions prises? Si cette question est importante au niveau du travail de conception, elle devient cruciale lorsque les problématiques légales sont considérées (contrats, devis, responsabilité des travaux, garanties, etc.). Les outils de communication employés dans la documentation (qu'elle soit contractuelle ou autre) sont clairement centraux dans les enjeux de gestion d'un processus de conception circulaire.

Dans le cas du *Duplex circulaire*, cet enjeu a été naturellement réglé à travers la démarche de travail adoptée. En effet, dans un processus de conception intégré (PCI) tel que celui testé dans le présent projet, l'impact de ces outils semble moindre, car tous les intervenants sont impliqués dès le début du processus de conception et, par le fait même, comprennent les enjeux de circularité à appliquer. La présence continue de ces acteurs tout au long du processus (du pré-projet à la construction sur le terrain) rend moins problématique le passage de l'information qui n'est plus alourdie par la charge légale que l'on retrouve habituellement dans les documents préparés par les concepteurs (architectes ou autres) pour un tiers indépendant (l'entrepreneur) pour construction. En effet, dans un mode de réalisation traditionnel où les entrepreneurs interviennent après le développement du projet, les outils de communication doivent être à la fois légaux (donc clairs) et, dans le cas d'une rénovation circulaire, flexibles (donc flous), ce qui est paradoxal.

Une gestion de projet selon un PCI nous apparaît donc comme l'approche la plus adaptée à un projet de rénovation circulaire. Si, pour des raisons données, un mode traditionnel était préféré, il serait important d'intégrer des annotations particulières sur les documents de construction pour :

- Fournir des instructions sur la façon de traiter une découverte imprévue tout en respectant les objectifs de circularité et de durabilité.
- Encadrer les changements potentiels dans la chaîne d'approvisionnement circulaire, par exemple en cas de perte de produits usagés réservés ou, inversement, en cas d'arrivée de produits de meilleure

qualité mais avec des caractéristiques variables. Cette adaptation demande une tolérance sur le niveau de précision dans les documents de communication qui devra être parfois moindre que celle exigée afin de rendre possible cette flexibilité.

## 7. CONCLUSION

---

Dans l'ensemble, le projet *Duplex circulaire* a subi de nombreux ajustements, comme c'est souvent, voire systématiquement, le cas dans le domaine de la construction. L'horizon identifié au début du processus a dû être revu régulièrement, au gré des exigences, besoins et opportunités en constant changement. Due en grande partie aux impératifs budgétaires et conditions propres au domaine de la construction, cette inconstance est exacerbée par le fait que le projet consiste en une intervention sur du bâti existant. Cette situation implique une large part d'inconnu (incluant des niveaux de dégradation variables) qu'il est très difficile d'évaluer de façon précise.

Il ressort du projet qu'un haut niveau de précision (qu'il serait idéal d'avoir dans un projet de construction) est impossible à atteindre dans un projet de rénovation circulaire de petite échelle tel un plex résidentiel. Loin de rendre ce type de projet impossible à réaliser de façon adéquate, ceci implique le besoin de recourir à des opérations de mitigation pour réduire la part d'inconnu très présente dans une telle rénovation. Le projet de recherche a permis d'identifier et de tester certaines de ces opérations.

La plus globale de ces opérations touche aux processus de gestion de projet. Un mode de gestion comme, par exemple, un processus de conception intégrée, impliquant l'ensemble des parties prenantes dès le début du projet apparaît essentiel pour assurer une bonne coordination du projet. Ceci permet de maximiser le partage des expertises, de coordonner les interventions de façon efficace et, surtout, de mieux gérer la part d'inconnu liée à ce type de projet. L'ensemble des acteurs maîtrisant tant les enjeux communs du projet que les informations nécessaires pour le mener à terme, les décisions ne nécessitent pas une codification aussi précise que dans le cas d'un processus de gestion traditionnel.

La composition de l'équipe du projet mobilisée dans le cadre du processus de conception intégrée ne doit pas se limiter aux professionnels (architectes, ingénieurs, maître d'œuvre), mais doit inclure également les acteurs importants que sont les donneurs d'ouvrage et des représentants des chaînes d'approvisionnement circulaires. La présence des donneurs d'ouvrages comme acteurs actifs dans le processus permet d'assurer une bonne compréhension des enjeux et opportunités de la part de l'entité qui prendra les décisions, ce qui est essentiel pour assurer la circularité du projet complété. Cette circularité nécessite également la présence continue des représentants des chaînes d'approvisionnement circulaires : comme l'indique la maxime « la forme suit la disponibilité » formulée pendant le travail sur le *Duplex circulaire*, il est impossible de proposer un projet de rénovation circulaire sans le lier en amont et en aval aux chaînes d'approvisionnement circulaires en constante transformation. Le présent projet a permis à l'ensemble des acteurs de mieux connaître ces chaînes et il est clair que, dans un projet futur, celles-ci seraient intégrées de façon plus serrée dans le développement du projet.

Une autre opération de mitigation tient en l'application de stratégies opératoires à la fois globales et précises. Il faut, dans un premier temps, opter pour une approche globale (« interventions minimales » vs. « interventions concentrées ») qui guidera l'ensemble des décisions à venir. Dans un second temps, une série de stratégies d'interventions précises peut être mobilisée pour opérer sur le bâti existant de façon efficace.

L'éventail des stratégies identifiées dans le cadre du projet est une proposition qui pourrait être bonifiée au gré de futurs projets similaires qui incluraient des situations différentes de celles qui ont dû être gérées dans le présent projet. Anisi, le principe circulaire le plus exploré dans le projet est en lien avec la modularité des éléments physiques et inclut des interventions qui touchent autant l'aménagement du plan architectural (« *space plan* ») que la couche mobilier (« *stuff* »). Un futur projet pilote pourrait intervenir sur davantage de couches du bâtiment, ce qui permettrait la formulation de stratégies d'interventions additionnelles.

Le projet a également permis d'identifier des enjeux globaux qui freinent une intégration efficace de la circularité dans les projets de rénovation.

L'un de ces enjeux est de nature financière : étant donné la petite taille d'un projet comme le *Duplex circulaire* et les sources de financement limitées qui peuvent être mobilisées par les donneurs d'ouvrages privés, il est essentiel d'identifier des incitatifs financiers qui peuvent soutenir une telle initiative. Dans l'état actuel, la circularité est vue davantage comme un enjeu éthique qu'une approche qui assure une plus-value au projet final, et, dans ce contexte, les décisions qui y sont liées sont celles qui sont le plus rapidement abandonnées si les budgets de construction se montrent insuffisants. Cette situation est exacerbée par le contexte difficile du marché de la construction actuel.

Un autre enjeu global est celui de la numérisation du domaine de la construction. Si la MDB (BIM) apparaît comme la solution idéale pour optimiser un projet de rénovation circulaire, cette approche implique des façons de faire qui ne sont pas encore assez répandues dans le milieu de la pratique architecturale, ou qui nécessitent un investissement en temps (et donc en frais) qui ne correspond pas aux enveloppes budgétaires d'un projet de taille modeste. Ici aussi, un incitatif financier serait le bienvenu, d'autant plus que les modèles générés pendant le travail de rénovation permettent d'assurer un potentiel de circularité accru pour le bâtiment après la complétion du projet.

Alors que démarre la construction du projet de rénovation développé dans le cadre de ce projet de recherche, des questions demeurent quant à la qualité du projet fini. Comment évaluer la qualité d'un projet de rénovation circulaire? Comment évaluer de façon précise l'indice de circularité d'un projet complété? Peut-on évaluer la qualité d'un projet de ce type avec les critères d'évaluation conventionnels (prix d'excellence, reconnaissances publiques, publications, etc.)? Il est important d'aborder ces questions de façon à faire passer la rénovation circulaire d'une posture uniquement éthique à un indicateur de qualité global, et ce, tant dans l'esprit des acteurs du milieu de la construction que dans celui du grand public.

## RÉFÉRENCES

---

- Brand, Stewart. *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, New York : Viking Press, 1994.
- Josefsson, Taleen Astrid et Liane Thuvander. "Form Follows Availability: The Reuse Revolution", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 588, 1.11 – 1.14.
- Potting, José, Marko Hekkert, Ernst Worrell, et Aldert Hanemaaijer. *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*, La Haye: PBL–Netherlands Environmental Assessment Agency, Janvier 2017.
- Schmidt III, Robert et Simon Austin. *Adaptable Architecture: Theory and Practice*, New York: Routledge, 2016.

## ANNEXE : PROGRAMME INITIAL FOURNI PAR LES CLIENTS

	Besoins	Commentaires
<b>Général</b>		
	4 chambres à coucher fermées	
	cuisine & salle à manger attenante	
	+ luminosité	Maximiser l'apport lumière du mur sud (ruelle)
	au moins 2 sdb complètes	
	Une pièce de vie agréable	
	Minimiser les couloirs	Perte d'espace et de lumière
	Entrée fonctionnelle	Plus de rangement (tuques, mitaines, bottes, chaussures, chapeaux,...) et plus d'espace pour pouvoir laisser les gens rentrer chez nous
<b>Chambres (4)</b>		
	Simple, facilement ajustable à la croissance des enfants. Personnalisation avec peinture, papier peint ou mobilier.	placard rangement ? tablettes ? lit avec tiroirs ?
	Chambre des maîtres plus grande, compte un espace bureau et/ou atelier projets- walk in? Alcôve? Miroir tête aux pieds!	
	AC dans les 4 chambres	
<b>Salle de bain</b>		
	Option lumière (pièce sans fenêtre) Moyen de faire entrer la lumière naturelle ou d'imiter luminosité soleil	
	Fonctionnel: pas de toilette devant porte	
	<b>Idées</b>	Un endroit pour 5 serviettes de corps
		Vanités réutilisées (ou Ikea)
		Séparation toilette douche au rdc (avec douche attenante à salle des maîtres ou chambre visiteurs)
<b>Électricité</b>		
	Refaire le filage sur certains circuits	Au sous-sol, certains circuits ont l'air sketchy...
	Améliorer efficacité énergétique (Hilo ?)	pompe à chaleur (avantages: superbe efficacité énergétique, marche pour chauffage et AC)
	Améliorer isolation thermique	à vérifier mais certains murs n'ont pas l'air d'être bien isolés
	Chauffage passif (optimiser l'entrée de soleil par le mur sud en hiver - avec possibilité de réduire l'entrée de chaleur en été (soit par plantes grimpantes ? ou stratégie dans les fenêtres (persiennes, mais pas des stores)?)	

	Besoins	Commentaires
<b>Fenêtres</b>		
	Agrandir celles au sous-sol ? Margelle ?	Si on part sur l'option de garder le demi ss-sol, il est impératif d'augmenter l'entrée de lumière, à l'avant et à l'arrière
	plus jamais de stores, ni verticaux, ni horizontaux, ouach ouach ouach	
	permettre de positionner des plantes près des fenêtres (plantes grasses)	
	peut on mettre des portes patios à la place des fenêtres?	
<b>Cuisine</b>		
	Espace ouvert sur salle à manger	
	pièce de vie, devoirs pendant que je cuisine, discussion quand enfants couchés, point névralgique de la maison.	loin des chambres (bruit de la machine espresso quand tout le monde dort)
	garder même superficie espace comptoir ou plus (ne pas réduire, même si on change la configuration)	
	Comptoir en bois (?) est-ce possible ou trop cher ou trop d'entretien ?	pas fan du marbre (c'est froid et cher) et définitivement pas fan des petites tuiles de céramique difficiles à nettoyer...
	îlot ou comptoir à déjeuner/ devoirs	
	Solution rangement épices.	
	favoriser le bois et les matériaux naturels	(ou les couleurs chaudes si bois pas possible)
	éliminer la céramique sur le comptoir	
	branchements directs pour frigo & machine espresso alimentés eau ?	définitivement PAS un must - juste une idée
	espaces pour les plantes ?	facultatif
	Un emplacement logique pour une poubelle (pas le milieu de mon couloir)	
	Garder plancher chauffant?	à réévaluer
	Amélioration énergétique? Plaque thermique pour tirer profit de l'apport soleil du sur mur sud depuis fenêtres agrandies ?	Voir les impacts pour l'été et les grandes chaleurs
	Barn sink (avec compartiment?)	Je trouve ça beau, mais je ne sais pas à quel point c'est fonctionnel
	Ne pas réduire le rangement	Mais améliorer la qualité du rangement. Beaucoup de placards sont mal utilisés, ou ne servent pas à grand chose
<b>Entrée principale</b>		
	Plus de place pour que plusieurs personnes entrent en même temps	
	Espace pour un banc où s'asseoir et pour mettre les chaussures	
	Petits espaces de rangement pour les mitaines, chapeau, foulards, etc de chacun	
	Bottes et souliers - une mer de bottes et souliers - un océan de bottes et souliers	
	Miroir avant de sortir , décoration personnalisée, couleur ou bois, chaleur et feel qui dit 'bienvenue, entrez!' et non 'aimeriez-vous 8 sardines en tapon ? '	
	de la lumière naturelle	
	ouvrir sur le reste de la maison	(voir si cela n'a pas trop d'impact avec l'entrée d'air froid l'hiver)

	Besoins	Commentaires
<b>Arrière (extérieur)</b>		
	Ouverture sécuritaire (fermeture depuis l'extérieur possible) à l'arrière - porte patio avec serrure	Afin de pouvoir sortir par l'arrière sans devoir faire le tour pour fermer la maison à clef
	Espace stationnement maintenu	Idée : Espace de stationnement couvert pour ne plus avoir à installer/désinstaller d'abri tempo
		Idée: toit de l'abri de stationnement pour devenir une galerie
	Possibilité de démolir la galerie ou d'en modifier les dimensions	Ce serait un point très négatif que l'enlèvement de la galerie ne fasse pas partie du plan
	Permettre de manger à l'extérieur pour 8-9 personnes	
	Ouvrir la façade côté ruelle pour laisser entrer un maximum de lumière	
	tout en préservant notre intimité à l'intérieur de la maison (ruelle étroite, proximité avec les voisins de l'autre côté de la ruelle)	
	améliorer la connexion entre la maison et la cour arrière. Actuellement, la galerie prolonge un peu la maison mais coupe complètement notre accès au reste de la cour. Le résultat c'est que nous ne profitons pas vraiment de la cour au niveau ruelle, juste un peu de la galerie	Idée: amener la sortie vers la cour au niveau du demi ss-sol et aménager une terrasse à ce niveau-là. Le renforcement fournirait de l'intimité par rapport à la ruelle
	Note : Dans le futur, j'aimerais installer une pergola dans le fond de la cour pour y laisser grimper le chèvrefeuille.	
<b>Toit</b>		
	Terrasse (avec telescope) ou mezzanine	Idée : Chambre des maîtres. Possiblement non faisable, ou à reporter dans une 2e phase de travaux.
	Puits de lumière	
	Accès au toit pour faire pousser des légumes	Ou du moins possibilité de faire pousser des plantes grâce à la lumière
<b>Salon - pièce de vie</b>		
	donnant sur la salle à manger ?	Idée : ajouter des portes glissantes qui pourraient séparer le salon au besoin ?
	mur avec étagères intégrées (livres)	
	Piano (SVP aucun design sans piano , on a un piano)	piano électrique - ne prend pas beaucoup de place
	Reading nook	N'a pas besoin d'être une pièce. Peut être un recoin, dans salon ou ailleurs, mur de livres ou meubles intégrés (il pourrait y avoir un reading nook dans la chambre de la grande aussi) - Chaise pour lire, ou mezzanine, ou nook sous l'escalier ou bay window avec coussins
		salon - salle à manger - cuisine vers la ruelle pour avoir la lumière naturelle. La salle à manger actuelle est très sombre, même en été
<b>Coin bureau</b>		
	Doit avoir un beau background (pour appels conférence)	
	Possibilité de fermer une porte sans monopoliser un espace commun	
	Peut se trouver dans chambre des maîtres ou ailleurs, mais doit être isolé de l'action	

	Besoins	Commentaires
<b>Escalier intérieur</b>		
	Simple classique.	
	Pas de câbles ou de marches invisibles (sentiment d'instabilité/ flimsy)	
	Peut créer des recoins lecture ou rangement ou livres	
	Possibilité de donner sur le toit? Mezzanine, terrasse, toit vert, jardin?	
	Porte d'entrée pour apport ensoleillement par puits de lumière sinon ?	
	Possibilité de réutiliser les bouts de rampe en spirale fer forgé de l'escalier extérieur avant à démanteler ?	
<b>Déco</b>		
	Peintures choisies ou des enfants	
	Mur peint ou papier peint accent	
	Pas de plexiglas	
	Pas de look aseptisé blanc sans couleur, sans odeur, sans saveur et sans goût - nous ne sommes pas une famille magazine	
	Look chaleureux	



Québec 