

## TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES *EN ET SUR L'ARCHITECTURE* [LBARC2200] (16 ECTS)

---

### EN-TÊTE

#### TFÉ 2023 [LBARC2200] -LOCI Bruxelles

Titre: .....La réhabilitation des bâtiments d'habitation à valeur patrimoniale construits en béton armé : cas d'Auguste Perret  
Etudiant·e : ..... COIRBAY Lucie  
Copromoteur-expert : ..... BERTRAND Jérôme  
Copromoteur 2 : ..... VANDENBROUCKE David  
Copromoteur 3 : ..... GILLIS Christophe  
Date de présentation : .....20 juin 2023

### RÉSUMÉ

Auguste Perret est l'un des architectes les plus connus du vingtième siècle. Il est le fondateur du classicisme structurel et de l'ordre du béton armé. Parmi tous les programmes et les édifices qu'il a pu réaliser, les immeubles de logement font l'objet de cette recherche. La question qui anime ce travail est celle de la réhabilitation de ces bâtiments de logements construits en béton armé qui présentent de grandes valeurs patrimoniales et architecturales. Quelles sont précisément ces valeurs et dans quelle mesure devons-nous les conserver ? Cette question trouve réponse dans une phase d'analyse préalable quant à la vie, au style et aux modes de construction de l'architecte. Quels sont les éléments qui peuvent être modifiés et qui nous permettent de garantir aux habitants un meilleur confort de vie ? Cette deuxième interrogation fait l'objet d'un processus de recherche par analyse et par le projet d'architecture. Voici le cadre de la recherche qui est développée dans ce travail dont l'objectif ultime est de trouver des hypothèses de projet pour réhabiliter un ensemble d'immeubles de logement construit par le grand architecte Auguste Perret.

### MOTS-CLEFS

Réhabilitation de bâtiment, Patrimoine architectural, Structure en béton, Bâtiment d'habitation collectif, Confort thermique, Enveloppe architecturale, Auguste Perret.

### REMISE

---

Le même jour que le dépôt du TFÉ sur DIAL, **une version PDF** de la fiche TFÉ est à envoyer par courriel à Geneviève Blondiau (BAIU) avec pour objet les indications suivantes :

"TFÉ 2022. Fiche descriptive BAIU. Votre NOM suivi de votre prénom".

Adresse courriel : <[genevieve.blondiau@uclouvain.be](mailto:genevieve.blondiau@uclouvain.be)>

# Déclaration de déontologie à intégrer au travail de mémoire

Considérant que le plagiat est une faute inacceptable sur les plans juridique, éthique et intellectuel ;

Reconnaissant que le Règlement Général des Etudes et Examens de l'UCLouvain précise la notion de plagiat et décrit les procédures et sanctions liées à sa pratique : <https://uclouvain.be/fr/etudier/reglement-general-des-etudes-et-des-examens.html> ;

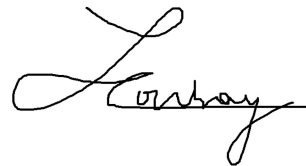
Notant que les étudiant·e·s sont sensibilisé·e·s aux questions d'intégrité intellectuelle durant leur parcours académique et que le site web de l'UCLouvain met à disposition des ressources spécifiques sur le sujet : <https://uclouvain.be/fr/etudier/lutter-contre-le-plagiat.html> ;

Je déclare sur l'honneur que ce travail de fin d'étude a été écrit et dessiné de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (dessins, maquettes, idées, phrases, graphes, tableaux, ...) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

Fait à Bruxelles,

Le 03 juin 2023,

Signature de l'étudiant·e

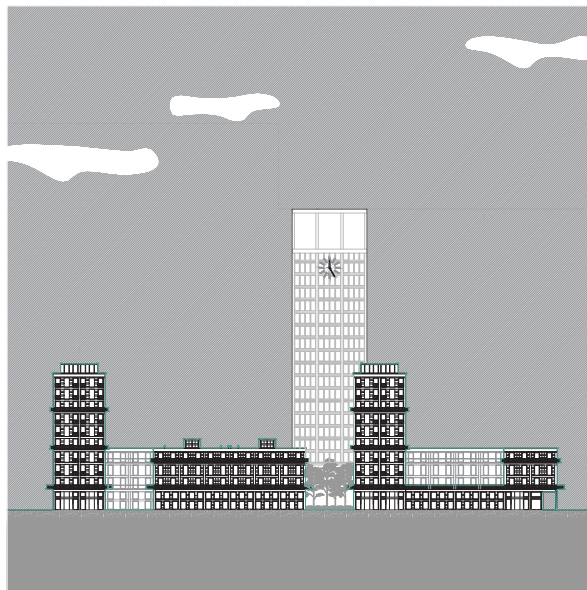
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lombay', written in a cursive style.

Master en architecture à finalité spécialisée  
TFE « En et Sur L'architecture ».

**Dimension : « Héritages ».**

Dossier de recherche théorique

La réhabilitation des bâtiments d'habitation à valeur patrimoniale  
construits en béton armé : cas d'Auguste Perret  
Ilots ISAI de la place de l'hôtel de ville – Le Havre



Lucie COIRBAY

Expert : Mr Jérôme BERTRAND  
Co-promoteurs : Mr Christophe GILLIS.  
Mr David VANDENBROUCKE.  
Mme Cécile MAIRY

---

Année académique 2022-2023



## **ABSTRACT**

Auguste Perret est l'un des architectes les plus connus du vingtième siècle. Il est le fondateur du classicisme structurel et de l'ordre du béton armé. Parmi tous les programmes et les édifices qu'il a pu réaliser, les immeubles de logement font l'objet de cette recherche. La question qui anime ce travail est celle de la réhabilitation de ces bâtiments de logements construits en béton armé qui présentent de grandes valeurs patrimoniales et architecturales. Quelles sont précisément ces valeurs et dans quelle mesure devons-nous les conserver ? Cette question trouve réponse dans une phase d'analyse préalable quant à la vie, au style et aux modes de construction de l'architecte. Quels sont les éléments qui peuvent être modifiés et qui nous permettent de garantir aux habitants un meilleur confort de vie ? Cette deuxième interrogation fait l'objet d'un processus de recherche par analyse et par le projet d'architecture. Voici le cadre de la recherche qui est développée dans ce travail dont l'objectif ultime est de trouver des hypothèses de projet pour réhabiliter un ensemble d'immeubles de logement construit par le grand architecte Auguste Perret.

**Mots – clés :**

**Réhabilitation de bâtiment,**

**Patrimoine architectural,**

**Structure en béton,**

**Bâtiment d'habitation collectif,**

**Confort thermique,**

**Enveloppe architecturale,**

**Auguste Perret.**

## **REMERCIEMENTS**

Mes co-promoteurs : Mr Christophe Gillis et Mr David Vandebroucke

Mon expert pour son aide et ses contacts : Mr Jérôme Bertrand

Le personnel des archives municipales du Havre

Les habitants ou personnes rencontrées lors de mes visites sur site

Ma famille pour leur aide et leur soutien

Toutes les personnes qui m'ont aidée ou ont contribué de près ou de loin à l'écriture de ce TFE et à l'élaboration du projet

## Préambule

J'ai toujours aimé m'intéresser à l'histoire. Lorsque j'ai assisté à mes premiers cours d'histoire de l'architecture, j'ai directement été fascinée. Des premiers hommes jusqu'à aujourd'hui, les manières d'habiter et de construire ont été façonnées par de nombreuses théories, inventions et découvertes. J'ai été particulièrement marquée par l'histoire de l'architecture du XXème siècle durant lequel les avancées en termes de constructions ont été révolutionnaires.

De nombreuses villes en Europe et ailleurs ont été dévastées par les guerres. Suite à la seconde guerre mondiale, les dégâts furent innombrables et énormément de civils se retrouvèrent sans abri. La période de la reconstruction représente selon moi une période où les architectes ont réussi à redonner à ces sinistrés de l'espoir et une raison de se relever face aux catastrophes vécues. Ils ont réussi à défier les traumatismes de la guerre pour reconstruire de manière plus ingénieuse et offrir des logements qualitatifs et innovants aux habitants du monde.

Auguste Perret est un des architectes phare qui a grandement participé à la reconstruction. C'est l'architecte dont les projets m'ont le plus marquée, à la fois par leur homogénéité et la beauté simple de leur mise en œuvre. Les ouvrages d'Auguste Perret sont les témoins de la force d'esprit qui l'animait et de la ferveur avec laquelle il défendait les principes qui lui étaient chers. Son œuvre emblématique et sa détermination à prouver les capacités du béton armé l'ont mené à obtenir la charge de la reconstruction de la ville du Havre. Ce projet clôture l'ensemble des projets qu'il a réalisés afin de démontrer la pertinence du style du Classicisme structurel. Les îlots du centre reconstruit au Havre reprennent tous les principes développés par Auguste Perret tout au long de sa vie. On pourrait les considérer à la fois comme une synthèse et un aboutissement de son travail. Je me suis rendue au Havre pour la première fois en février 2020. Au premier abord, l'atmosphère m'a semblée relativement froide et grise. Ensuite, lorsque je me suis plongée dans l'histoire de la ville et que je me suis intéressée davantage à l'œuvre d'Auguste Perret, mon regard a changé. Depuis, ma curiosité a été piquée et j'ai voulu en apprendre plus. J'ai donc décidé de façonner mon travail de recherche autour de cet architecte maître du XXème siècle.

Ma question de recherche porte sur la compréhension des innovations relatives à ces immeubles construits en béton armé durant la période de la reconstruction. Les techniques de construction et les méthodes de conceptions mises en place à ce moment précis ont, selon moi, forgé la manière dont nous construisons aujourd'hui. Ils sont donc témoins d'un héritage riche que nous devons impérativement conserver. Toutefois, la question de comment les conserver est relativement complexe. C'est cette réflexion qui a conduit le choix du thème de mon travail de fin d'études. J'aimerais pouvoir explorer les possibilités qui existent quant à la conservation de ces édifices qui doivent évoluer avec leur temps afin de répondre aux exigences du monde actuel. Comment mettre ces bâtiments à jour énergétiquement sans les dénaturer, en respectant le patrimoine, tout en les adaptant à nos modes de vie contemporains.

## Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>- 9 -</b>
<b>Etat de l'art</b>	<b>- 13 -</b>
<b>Méthodologie</b>	<b>- 15 -</b>
<b>PARTIE 1</b>	<b>- 17 -</b>
<b>I. L'architecture d'Auguste Perret</b>	<b>- 19 -</b>
1. Les débuts	- 21 -
1. 1. Les frères Perret	- 21 -
1. 2. Auguste : Architecte et Entrepreneur	- 23 -
2. Influences et Inspirations	- 25 -
2. 1. Eugène Viollet-le-Duc (1814 – 1879)	- 25 -
2. 2. Julien Guadet (1834 – 1908)	- 29 -
2. 3. Les ordres et les traditions antiques	- 31 -
3. Classicisme structurel	- 33 -
3. 1. L'ossature en béton armé	- 33 -
3. 2. La forme et la fonction	- 35 -
3. 3. Les rapports au sol et au ciel	- 35 -
3. 4. La clarté de l'expression	- 35 -
4. Synthèse	- 37 -
<b>II. Les structures en béton armé</b>	<b>- 39 -</b>
1. Composition et mise en œuvre	- 41 -
1. 1. Les composants du béton	- 41 -
1. 2. Le béton armé	- 43 -
1. 3. Le phasage construction	- 45 -
2. Pathologies	- 47 -
2. 1. Dégradations mécaniques	- 47 -
2. 2. Dégradations chimiques	- 47 -
2. 3. Dégradations physiques	- 49 -
2. 4. Corrosion des armatures	- 51 -
3. Avantages et inconvénients	- 53 -
4. Synthèse	- 57 -
<b>III. Les immeubles de logement d'Auguste Perret</b>	<b>- 59 -</b>
1. Chronologie	- 61 -
1. 1. 1900 – 1926 : L'expérimentation	- 61 -
1. 2. 1927 – 1935 : L'expressivité des matériaux	- 65 -
1. 3. 1936 – 1956 : L'aboutissement	- 69 -
2. Caractéristiques	- 73 -
2. 1. Ossature en béton armé apparente	- 73 -
2. 2. Fenêtres de plancher à plancher	- 73 -
2. 3. Encadrement des fenêtres	- 73 -
2. 4. Remplissage en panneaux préfabriqués	- 75 -
2. 5. Corniche monumentale	- 75 -
3. Analyse et comparaisons	- 77 -
4. Synthèse	- 81 -
<b>IV. La réhabilitation des immeubles</b>	<b>- 83 -</b>
1. Etude de cas	- 85 -

1. 1. La tour Perret à Grenoble	- 85 -
1. 2. Le restaurant du Centre d'études nucléaires (CEA) de Saclay	- 89 -
1. 3. Les immeubles de logement de Denis Honegger	- 93 -
2. Enseignements	- 97 -
2. 1. Restauration des matériaux	- 97 -
2. 2. Réhabilitation technique	- 99 -
2. 3. Evolution de l'aménagement	- 101 -
3. Synthèse	- 103 -
<b>V. Hypothèses et leviers de projet</b>	<b>- 105 -</b>
1. Façade et structure : gestion du béton armé	- 107 -
1. 1. Diagnostic et analyse	- 107 -
1. 2. Restauration	- 109 -
2. Performances énergétiques : isolation, étanchéité et ventilation	- 111 -
2. 1. Isolation thermique	- 111 -
2. 2. Profilés des châssis	- 113 -
2. 3. Réflexion sur l'étanchéité	- 115 -
2. 4. Dimensionnement des gaines techniques	- 115 -
3. Organisation intérieure: adaptation des typologies	- 117 -
4. Espaces partagés : intérieurs et extérieurs	- 119 -
5. Enjeux aux différentes échelles	- 121 -
5.1. Façade et structure	- 121 -
5.2. Performances énergétiques	- 121 -
5.3. Organisation intérieure	- 123 -
5.4. Espaces partagés	- 123 -
6. Synthèse : une réhabilitation réussie	- 125 -
<b>VI. Conclusion</b>	<b>- 127 -</b>
1. Apport et contribution	- 129 -
2. Document synoptique	- 133 -
3. Limites et perspectives	- 135 -
<b><i>PARTIE 2</i></b>	<b><i>- 137 -</i></b>
<b>I. Présentation historique, sociale et contextuelle du cas d'étude</b>	<b>- 139 -</b>
1. Le Havre et la reconstruction	- 141 -
2. Les Ilots Sans Affectation Individuelle de la place de l'hôtel de ville	- 143 -
<b>II. Identification des particularités patrimoniales du cas d'étude</b>	<b>- 145 -</b>
3. L'atelier de la reconstruction au Havre	- 147 -
4. Le classement au patrimoine mondial UNESCO	- 147 -
5. Les logements innovants	- 149 -
<b>III. Identification des particularités architecturales du cas d'étude</b>	<b>- 153 -</b>
1. La trame modulaire	- 155 -
2. La préfabrication	- 155 -
3. Les logements	- 157 -
<b>IV. Traduction en projet d'architecture</b>	<b>- 159 -</b>
1. Démarche conceptuelle	- 161 -
2. Programmation	- 163 -
<b><i>Bibliographie</i></b>	<b><i>- 164 -</i></b>
<b><i>Liste des illustrations</i></b>	<b><i>- 166 -</i></b>



*Figure 1 : Photo in situ ilot V40*

## Introduction

L'objet de la recherche qui nourrit ce travail est la question de la réhabilitation des immeubles de logement à valeur patrimoniale en béton armé. J'ai choisi de cadrer ma recherche sur les immeubles de logement de l'architecte Auguste Perret. Il est un des plus grands architectes du XXème siècle. Il est considéré comme un maître. Tout au long de sa vie, il s'est battu pour faire accepter et démontrer ses convictions. Il a réussi à imposer son style mais surtout à démocratiser l'utilisation du béton armé.

En effet, le béton armé est un matériau qui n'a été utilisé que tardivement dans les édifices destinés aux logements. Au XIXème siècle, les scientifiques ont essayé de comprendre comment il se comportait chimiquement et mécaniquement. Ensuite, ils ont essayé d'établir des règles concernant le dimensionnement et la mise en œuvre. C'est seulement au début du XXème siècle que le béton armé apparaît réellement comme un matériau de construction. Il a d'abord été mis en œuvre dans des bâtiments industriels ou des ouvrages de génie civil. Le béton armé, dans un premier temps, était considéré comme froid, laid et destiné aux classes sociales inférieures. C'est notamment grâce à l'architecte Auguste Perret que le béton armé qui avait une connotation sinistre et industrielle est devenu un matériau courant dans le domaine de la construction. Auguste Perret est parvenu à démontrer à ses collègues architectes qu'il était intéressant de travailler avec ce matériau et qu'il pouvait être esthétique. Il a mis en œuvre des principes de composition assez clairs qui reviennent dans son œuvre de manière systématique. Il a fait évoluer ces techniques tout au long de sa vie pour finalement créer de toutes pièces un projet de master plan au Havre qui est la démonstration même de la cohérence de ces principes et l'aboutissement de son œuvre.

Auguste Perret a construit de nombreux immeubles de logement. Il construisait selon un style très précis et reconnaissable. La qualité et le soin méticuleux qui le caractérisent permettent à ses édifices d'être encore en bon état aujourd'hui. Toutefois, les immeubles de logement construits au cours du XXème siècle arrivent aujourd'hui à un point critique. Auguste Perret, lui-même, disait qu'il construisait pour une cinquantaine d'années. Nous arrivons au stade où ces immeubles présentent certaines dégradations. Ils nécessitent une rénovation énergétique et qualitative. Dans la plupart de ces immeubles, on retrouve des parois non performantes sans isolant et qui présentent de nombreux ponts thermiques. Les équipements installés sont souvent extrêmement énergivores et ne conviennent plus aux modes de vie actuels.

La valeur patrimoniale des édifices n'est pas négligeable. Toutefois, nous vivons dans un monde où nous ne pouvons plus nous permettre de consommer des quantités d'énergie faramineuses sous prétexte que le bâtiment ne peut pas être modifié.



*Figure 2 : Photo in situ du centre-ville*

Certes les valeurs patrimoniales doivent être respectées, mais n'est-il pas possible de trouver un compromis ? Nous devons conserver le patrimoine et faire en sorte qu'il soit transmis aux générations futures. Mais il est également impératif de remettre ces édifices à jour afin qu'ils ne représentent pas des passoires énergétiques et par conséquent des fardeaux. Notre vision de la conservation du patrimoine est aujourd'hui en évolution. Des nouvelles techniques sont développées pour mettre en lueur les éléments qualitatifs tout en garantissant des performances optimales. La question est aujourd'hui de savoir comment remettre ces ensembles à jour. La théorie est-elle applicable à d'autres projets d'immeubles en béton armé construits éventuellement par d'autres architectes.

Dans un premier temps, le travail reprendra l'histoire de l'architecte Auguste Perret afin de contextualiser son architecture. Comment est-il devenu un des architectes les plus importants du XX<sup>ème</sup> siècle. Les principales caractéristiques du classicisme structurel seront déclinées afin de mieux comprendre ce style qui lui est propre.

Ensuite, la question des structures en béton sera abordée. Les différentes compositions et mises en œuvre possibles seront exposées. Cette étape permettra de mieux comprendre les édifices étudiés dans la phase d'analyse. Quelles sont les différentes pathologies qui peuvent se présenter sur des édifices en béton armé ?

La troisième étape sera celle de l'analyse. Une liste non exhaustive d'une série de bâtiments de logement d'Auguste Perret sera établie. L'objectif est d'analyser les caractéristiques qui reviennent dans chaque projet. Quels sont les principes clés de l'architecture de Perret et comment construit-il à toutes les étapes de mise en œuvre ? Quels sont les points auxquels il apporte le plus d'attention et qui permettent de qualifier son architecture ? Une grille d'analyse sera alors établie afin de catégoriser les immeubles de logement.

Suite à l'analyse, l'objectif ultime de la recherche est de comprendre comment rénover ces immeubles de logement à valeur patrimoniale. En se basant sur la grille d'analyse confectionnée à l'étape précédente et sur l'analyse de la méthodologie utilisée pour certains projets de restauration déjà réalisés, il sera alors possible de déterminer les éléments sur lesquels on peut tolérer des modifications ou non. Outre les questions d'esthétisme, on retrouve quatre grands axes de recherche en termes de restauration. Ces quatre axes constituent les leviers de projet qui peuvent avoir de l'influence sur la qualité de vie et les performances énergétiques d'un immeuble de logement : la restauration des bétons de structure et en façade, l'amélioration des performances énergétiques, la modification de l'organisation intérieure et l'intégration d'espaces de vie commune. Ce sont les grandes familles d'éléments à modifier pour parvenir à réhabiliter et réadapter un immeuble de logement à valeur patrimoniale en béton armé. Ces quatre grands axes de développement seront non seulement la base pour établir des principes de réhabilitation mais ils serviront également de leviers pour le projet d'architecture qui se rattache à ce travail de recherche.

L'idée est d'établir des principes pour l'architecture d'Auguste Perret. La méthodologie utilisée serait évidemment applicable aux immeubles de logement conçus par d'autres architectes. Le procédé pourrait être appliqué à l'architecture d'autres maîtres du XX<sup>ème</sup> siècle moyennant une analyse complète de leur style et leurs principes de conception préalable.



## Etat de l'art

Les structures en béton armé construites dans le courant du vingtième siècle arrivent à un point critique. Le béton armé a une durée de vie moyenne de cinquante ans. La municipalité du Havre elle-même a commencé à étudier les îlots du centre reconstruit en 2016<sup>1</sup>. Ils ont travaillé sur un document informatif : « l'Atlas de la reconstruction ». Ils ont catégorisé les édifices selon leurs typologies et leurs performances énergétiques afin de déterminer les travaux réalisables ou non. De par le classement au patrimoine de l'Unesco, une zone de protection AVAP<sup>2</sup> est mise en place au Havre. Tous les bâtiments du centre reconstruits sont classés selon leur degré de conservation.

Les projets réalisés par Auguste Perret font l'objet de nombreuses études à travers le monde. Certains ont déjà fait l'objet de restauration comme la tour d'observation à Grenoble. Depuis 1961 la tour est fermée au public et devrait être restaurée définitivement en 2025. Le chantier est toujours en cours aujourd'hui, dirigé par l'architecte François Botton<sup>3</sup>. Il développe actuellement de nouvelles techniques pour mesurer la corrosion et restaurer les ouvrages endommagés. Il s'agit donc d'un chantier pilote au service de la science patrimoniale.

Plusieurs mémoires ont déjà été écrits par des étudiants qui s'intéressent à son histoire et à ses principes de conception. On retrouve dans la littérature des mémoires relatifs aux grandes œuvres d'Auguste Perret comme l'appartement rue Franklin à Paris<sup>4</sup> ou l'église de Raincy<sup>5</sup>. Nathan Leclercq a rédigé un mémoire en juin 2016 sur « La reconstruction du Havre » par l'atelier Perret<sup>6</sup>. Il a introduit la notion de diversité et d'évolution au sein des logements. Il a notamment travaillé sur les différentes typologies ainsi que leurs forces et faiblesses. Un mémoire a également été rédigé par un étudiant italien, A. Nitti, qui est repris aux archives et à la bibliothèque municipale au Havre<sup>7</sup>. Il aborde notamment les thèmes de la géographie des constructions de Perret et des espaces urbains qu'il dessine.

L'objectif de ma recherche est de combiner au sein de la réhabilitation, l'aspect technique et l'aspect de la qualité de vie. D'un côté la réadaptation de la structure en béton armé et de l'enveloppe, qui permet de remettre le bâtiment à jour d'un point de vue technique. De l'autre, la gestion de la valeur patrimoniale de l'édifice et de ses valeurs à conserver ainsi que le travail sur l'intérieur du bâtiment.

---

<sup>1</sup> Information reçue de Véronique Bonneau-Contremoulins – Municipalité du havre (Réunion Teams)

<sup>2</sup> AVAP : Aire de mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine

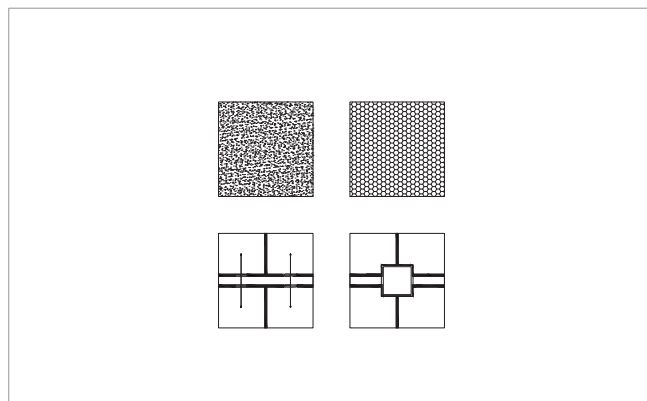
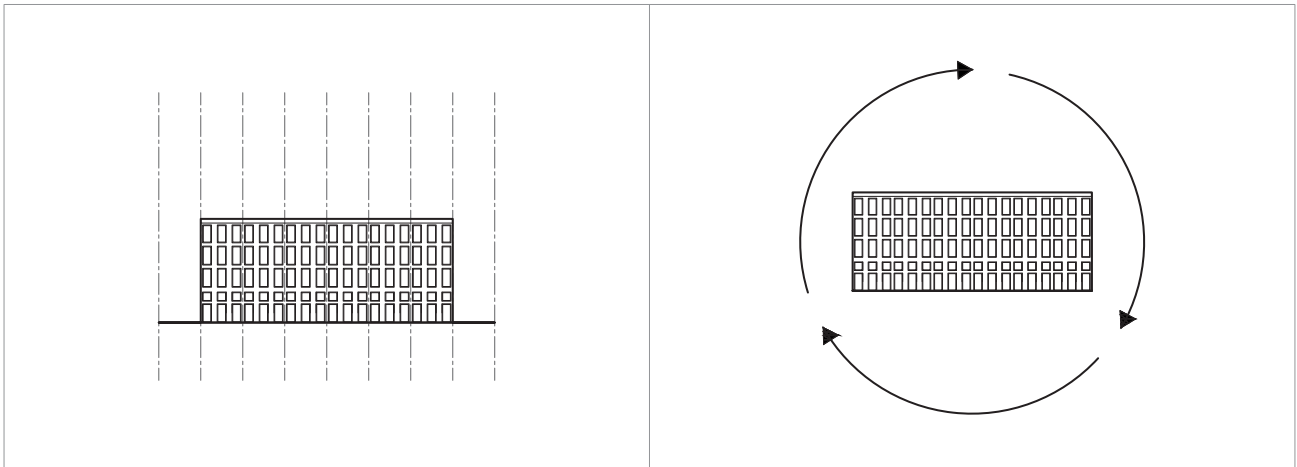
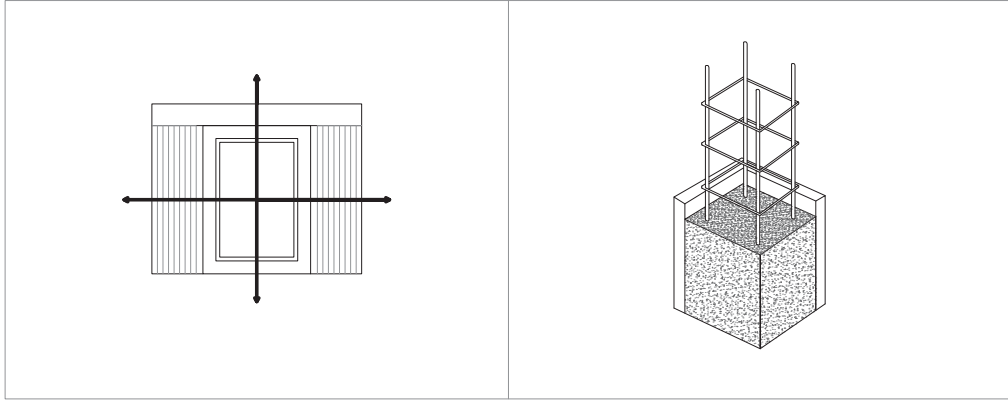
<sup>3</sup> Informations tirées d'une exposition temporaire à Paris sur l'institut Chaillot – Mars 2022 – Cité de l'architecture et du Patrimoine.

<sup>4</sup> M. Bressani (1985) Auguste Perret and the building at 25b rue Franklin. McGill University, Montreal, Canada

<sup>5</sup> F. Massoulès (2015). Notre-Dame du Raincy, 1923 : Auguste Perret et le classicisme structurel. Architecture, aménagement de l'espace. Toulouse, France.

<sup>6</sup> N. Leclercq (2016). La reconstruction du Havre par l'atelier Perret : un cadre favorable pour accueillir la diversité. ENSAP Lille, France.

<sup>7</sup> Nitti, A. (2019). Auguste Perret et Le Havre La forme urbaine et géographie de la construction. *AION*.



## Méthodologie

Les deux premiers chapitres de mon travail permettent au lecteur de comprendre le contexte dans lequel s'inscrit ma recherche. La présentation de l'architecte en question et de sa démarche architecturale introduit le sujet par rapport à une temporalité et un contexte précis. Le second chapitre renseigne le lecteur sur le matériau béton armé et permet également de renforcer les bases de la question. Ainsi, le lecteur a toutes les cartes en main pour comprendre les arguments et les axes de recherche qui ont guidé l'analyse qui suit.

Au cours de la partie analytique, le premier temps consiste à comparer les différents immeubles de logement conçus par Auguste Perret, souvent en collaboration avec ses frères. Plusieurs critères entrent en jeu. On retrouve d'abord la temporalité du projet, qui marque une évolution de certaines caractéristiques. Ensuite, la localisation de l'édifice : les frères Perret ont été très actifs en Europe mais également en Afrique du Nord, ce qui influence également les caractéristiques du bâti. Tous ces éléments nous permettent de catégoriser les projets les plus emblématiques de l'architecte afin de créer un corpus comprenant un échantillon représentatif des immeubles de logement.

Suite à cette analyse, la compréhension des immeubles de logement sera alors bien plus large. Il nous sera alors possible d'identifier toutes les caractéristiques emblématiques à la fois esthétiques et de composition d'Auguste Perret. Ceci nous permettra de déterminer la qualité architecturale mais surtout patrimoniale des édifices. Par la suite, ce seront les éléments qu'il est indispensable de conserver lors d'une réhabilitation qui comprend restauration et réadaptation. Ce chapitre a donc pour rôle de décomposer les immeubles de logement pour mieux les comprendre et mieux les aborder par la suite.

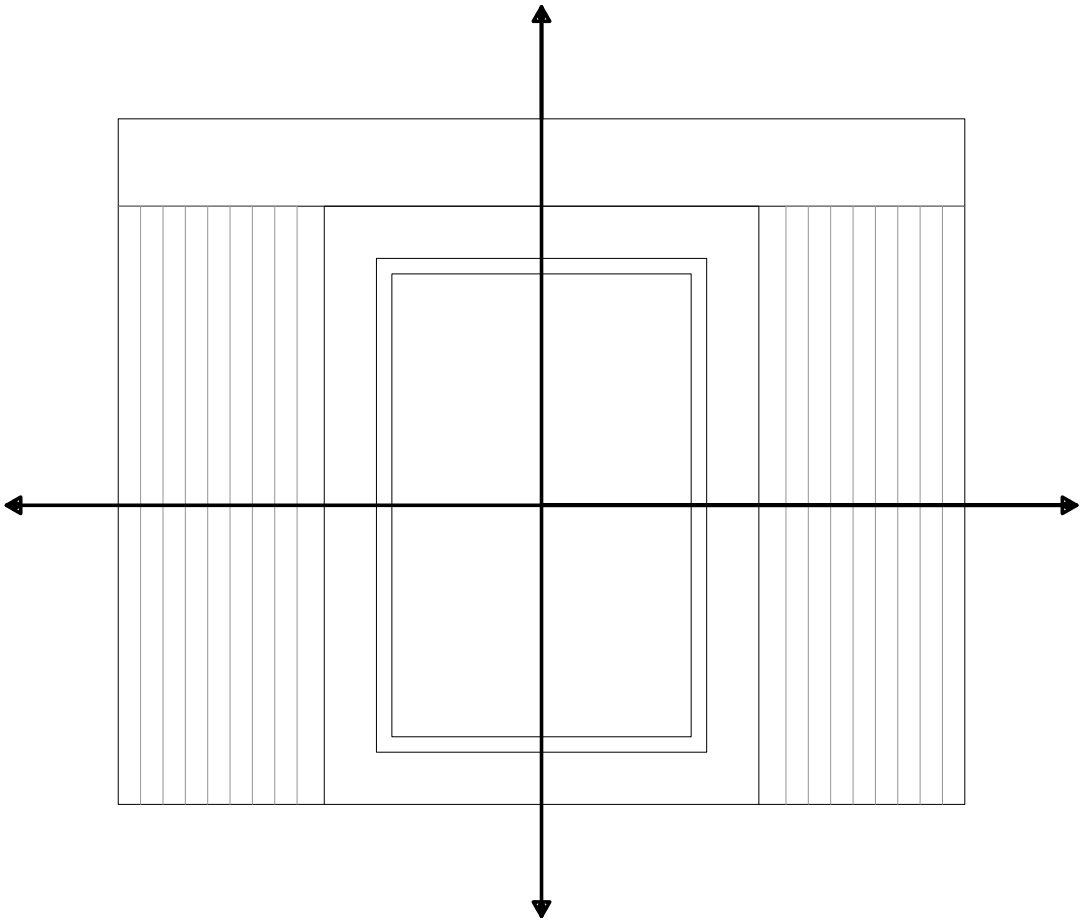
Maintenant que nous avons les bases pour comprendre l'architecte et l'analyse pour mieux appréhender ses projets, l'enjeu de la réhabilitation peut être abordé. Celle-ci sera également décomposée en plusieurs enjeux. La première étape est d'analyser les projets de l'architecte ou de ses disciples pour comprendre les méthodologies utilisées précédemment. Une étude de cas sera effectuée en parcourant trois projets de réhabilitation d'édifices en béton armé, qui n'accueillent pas forcément du logement. L'objectif est de comprendre les techniques utilisées et la démarche par rapport au patrimoine.

Considérant les conclusions de l'étude de cas et tous les enseignements des chapitres précédents, la question de la réhabilitation des immeubles de logement d'Auguste Perret peut enfin se développer. Nous trouverons des éléments de réponse dans quatre différents axes de recherches qui ont été extraits de la recherche au cours des chapitres précédents. On explore la réhabilitations au travers de la restauration de la façade et des structures, des performances énergétiques, des aménagements intérieurs et des espaces communs.



## PARTIE 1

La réhabilitation des immeubles de logement d'après-guerre  
en béton armé : cas d'Auguste Perret.



## **I. L'architecture d'Auguste Perret**

Ce premier chapitre constitue une introduction relative à l'architecte qui fait l'objet de la recherche. Comme mentionné précédemment, Auguste Perret est un des plus grands architectes du XXème siècle. Nous reprendrons dans ce chapitre l'histoire de sa vie et de ses enseignements. Ensuite, nous nous intéresserons aux hommes et aux principes qui ont eu de l'influence sur son œuvre. Enfin, nous définirons le classicisme structurel. Ce style lui est propre et il l'a façonné autour de toutes les caractéristiques d'une architecture qu'il a perfectionnée tout au long de sa vie. Ce chapitre nous permet donc d'introduire les bases afin de bien représenter l'architecte et ses idéaux de conception si précis.



*Figure 5 : Portrait d'auguste Perret*

## 1. Les débuts

### 1. 1. Les frères Perret

Auguste Perret est l'aîné de sa fratrie. Il est né en 1874 à Bruxelles suivi de ses deux frères Gustave et Claude nés en 1876 et 1880. Les Perret sont d'origine française mais ils se sont installés en Belgique pour fuir les accusations qui pesaient sur le père de famille. Il avait été accusé d'avoir participé à l'incendie des Tuileries à Paris. Ils prennent la fuite et vont vivre dans le pays voisin qui leur apportera un cadre stable et plus calme pour s'épanouir. Ils rentreront en France en 1880, à la naissance de Claude. Le père des trois garçons, Claude-Marie Perret, était tailleur de pierres et entrepreneur dans ce domaine. Son entreprise générale a été fondée en 1882. Les trois frères se forment auprès de leur père dans le domaine de la construction. Ils ont donc été plongés dans un univers relatif à l'architecture dès leur plus tendre enfance.

Les frères sont donc familiarisés avec les chantiers, les matériaux et les techniques. Dès leur adolescence, ils dessinent des détails techniques pour leur père. Auguste et Gustave sont tous les deux allés à l'école des Beaux-Arts de Paris. Ils seront tous les deux élèves brillants à l'atelier Guadet qu'ils quitteront en 1898, non diplômés dans l'objectif de se consacrer pleinement aux activités de l'entreprise familiale. A partir de l'année 1894, les trois frères sont employés à l'entreprise familiale. Elle évolue, en 1896 elle adopte le nom de « Perret et fils ». En 1905, à la mort de son père, Auguste décide de reprendre l'entreprise familiale et s'associe avec ses deux frères. Elle porte à partir de ce moment-là le nom « Perret frères : Entreprise générale de travaux publics et particuliers. Béton armé ». Cette entreprise est la première entreprise de béton armé qui est également reconnue comme une agence d'architecture. Cette dénomination confirme l'expertise de l'entreprise dans le domaine du béton armé et correspond au moment des premières publications officielles relatives à la mise en œuvre du béton armé et aux méthodes de calcul qui s'y attachent.

La première œuvre qui rend les frères Perret célèbres est le théâtre des Champs-Élysées à Paris. Le projet initial avait été dessiné par l'architecte belge Henry Van de Velde mais les frères Perret ont prouvé un avantage économique à travailler avec le béton armé. Ils reprennent alors les plans et les remanient avec leur savoir-faire et à leur guise. Suite à la conception de ce projet, l'entreprise aura une certaine notoriété liée à la maîtrise de la construction en béton armé. Ils vont se spécialiser dans ce domaine et devenir experts en la matière. En 1911, l'entreprise va, une nouvelle fois, changer de nom. Les dessins du projet du théâtre sont signés « Perret frères – Architectes – Constructeurs – Béton armé ». Cette dénomination sera définitive et c'est sous ce nom que l'entreprise sera connue jusque dans les années cinquante. Les activités de l'entreprise prendront fin à la mort d'Auguste en 1954. Les frères Perret ont donc exercé au sein de cette entreprise durant une soixantaine d'années. Au cours de cette période, ils ont été impliqués dans l'étude d'environ 350 projets.

L'entreprise générale est composée des trois frères qui agissent sur les différents projets parfois en tant qu'architectes, parfois en tant que constructeurs. En réalité, ils sont capables d'allier les deux et d'assurer la continuité de chaque projet de la conception à la réalisation. Leurs activités sont contraires à la loi qui dicte que les activités d'un entrepreneur doivent impérativement être séparées de celle de l'architecte<sup>8</sup>. Les fonctions sont censées être séparées afin d'éviter des conflits d'intérêts. Toutefois, c'est la cohésion même de ces deux pratiques et du caractère innovant induit par la formation des frères Perret qui les rend si exceptionnels. Une pratique et une démarche architecturale innovante et ordonnée se couplent à la mise en œuvre du béton armé, également très innovant pour l'époque.

Les trois frères collaborent mais Auguste reste le plus influent des trois et a dans la hiérarchie une responsabilité plus importante que ses deux cadets. Certaines sources indiquent que Auguste était le créateur, Gustave l'entrepreneur et Claude le gestionnaire. Avec leurs capacités complémentaires, ils ont réussi à mettre en valeur le matériau du béton armé qui était jusque-là largement méprisé. Il était utilisé presque uniquement pour des ouvrages industriels tels que des usines et des gares. Ils vont explorer et démontrer les capacités du béton armé. Ils sont sans aucun doute, le groupe d'architectes le plus influent du 20ème siècle. Charles-Edouard Jeanneret alias Le Corbusier qui est la seconde personnalité à avoir exploité le matériau béton armé a, en réalité, été stagiaire chez les frères Perret. Ces sont donc eux qui ont formé et inspiré le fameux Le Corbusier. L'entreprise se développe dans un contexte prospère qui voit naître d'énormes progrès techniques.

---

<sup>8</sup> Le code des devoirs professionnels de l'architecte (J.A. Guadet, 1895) Devoirs de l'architecte envers lui-même et envers ses confrères « Il exerce une profession libérale et non commerciale. Cette profession est incompatible avec celle d'entrepreneur. »

## 1. 2. Auguste : Architecte et Entrepreneur

Auguste Perret est, sans aucun doute, le frère le plus connu de la famille. Comme mentionné précédemment, il débute sa carrière en 1894 dans l'entreprise de construction familiale. En réalité, il rejoint l'entreprise sans avoir obtenu son diplôme de l'école des Beaux-arts. En effet, Auguste et Gustave ont quitté l'école en même temps en 1898. Par la suite, les frères collaborent au sein de l'entreprise familiale. Ce qui fait la particularité d'Auguste Perret, c'est la double orientation que prend son langage architectural. Il recherche à la fois la beauté des ordres classiques et une esthétique du béton armé qui lui est propre. Il construit comme un entrepreneur avec une logique structurelle sans faille. Les structures qu'il met au point sont simples et témoignent d'une grande ingéniosité. La meilleure illustration de la qualité qui existe dans son œuvre est celle de la reconstruction. Il parvient à construire vite et bien dans un contexte d'urgence. Les immeubles de logement qu'il conçoit sont régulés par des proportions et des symétries définies. La cohérence n'est pas seulement esthétique, elle est aussi fonctionnelle. Les immeubles et les espaces urbains environnants fonctionnent comme un tout homogène. Il produit des plans utiles et adaptables tout en restant fidèles aux principes qu'il défend.

La première œuvre qui donne aux frères Perret une renommée à plus grande échelle est l'immeuble du 25 bis Rue Franklin à Paris. Il a été construit au tout début du 20<sup>ème</sup> siècle entre 1903 et 1904. Cet immeuble sera la première démonstration par l'entreprise des frères Perret de l'utilisation du béton armé dans un bâtiment de logement. Il sera d'ailleurs reconnu comme le premier immeuble de logement en béton armé en France. Les qualités du matériau sont exploitées à la fois d'un point de vue structurel et technique mais présente également des caractéristiques esthétiques. La structure est apparente et les façades sont tramées tout en interagissant avec la forme particulière de la parcelle. C'est à partir de ce moment-là qu'Auguste Perret commence le travail de sa vie qui sera de prouver les qualités de l'architecture entièrement en béton armé. D'abord un peu timide, il fera des concessions jusqu'à arriver à mettre en place des ensembles totalement cohérents. Son objectif est de se libérer des matériaux lourds et de l'architecture en maçonnerie largement utilisée à l'époque. Il met en place des ossatures plus légères et inaugure le plan libre. Ces concepts, que nous connaissons bien aujourd'hui, sont très innovants pour l'époque. Ils seront repris et adoptés au fur et à mesure pour devenir enfin pratique courante dans nos conceptions modernes.

Suite à cette première œuvre qui fera l'objet de nombreuses discussions, Auguste Perret persévère et poussera l'utilisation du béton armé jusqu'à ses extrêmes. Tous les édifices qu'il construit mettent en œuvre ce matériau encore peu utilisé à l'époque. Au travers des diverses influences et de ses lectures mais aussi formations et voyages qu'il effectuera, son style et ses techniques vont se perfectionner. Que ce soit des bâtiments publics, des logements, des lieux de culte, rien n'échappe au maître du béton armé. Il soutiendra coûte que coûte que l'utilisation de ce matériau vaut la peine d'être explorée et qu'il est digne d'être admiré. Auguste Perret ne se limite pas à l'utilisation du béton armé pour la structure. Il va l'utiliser pour l'entièreté des

bâtiments de la structure jusqu'à l'ornement. Il maîtrise le matériau à la perfection et parvient à dessiner des façades d'une beauté simple. Il est respecté et inspire de nombreux architectes de l'avant-garde du monde entier. Les académistes traditionnels, par contre, le négligent. Il sera largement critiqué pour son architecture durant toute la première partie de sa carrière. Malgré les critiques, il suit ses valeurs selon lesquelles la structure doit être apparente. La trame et le principe constructif transparaissent donc toujours sur les façades et aucun élément n'est constitué de n'importe quel autre matériau mis à part les châssis et ferronneries. C'est seulement à partir des années trente que son talent sera réellement reconnu. Tardivement, mais l'état français commandera alors à l'architecte ses premiers monuments publics en 1932. Toutefois, ces commandes ne suffisent pas à faire taire ceux qui méprisent encore l'utilisation du béton armé. Certains projets lui seront même refusés sous prétexte que son architecture va à l'encontre des traditions et n'est pas assez qualitative. Ce n'est que très tard, une dizaine d'années avant sa mort, que sa notoriété commence à faire l'unanimité. Il est alors nommé président du Conseil supérieur de l'Ordre des architectes et obtiendra d'autres titres.

L'œuvre d'Auguste Perret a inspiré beaucoup d'autres architectes. Il a enseigné à l'école des Beaux-Arts qu'il avait fréquentée quelques années auparavant. Il a également formé plusieurs jeunes architectes au sein de son agence d'architecture. La plupart d'entre eux sont restés fidèles à ses principes de classicisme structurel toute leur vie. Il n'a pas publié beaucoup d'écrits. Il estimait que son œuvre faisait l'objet d'assez de polémiques et suffisait pour imposer sa vision de l'architecture moderne. Les principes clés de son architecture sont encore utilisés aujourd'hui à travers le monde. L'influence qu'il a eue sur l'utilisation du béton armé et l'évolution des techniques liées à ce matériau ne sont pas négligeables. L'œuvre qui conclut la vie d'Auguste Perret en est d'ailleurs la preuve. En effet, la ville reconstruite du Havre n'a en réalité pas été dessinée par Auguste Perret mais bien par « l'Atelier Perret ». Il s'agit d'un collectif d'architectes élèves de Perret ou simplement partisans de son architecture qui se sont rassemblés pour établir un master plan. Ils ont alors écrit une lettre à leur maître pour le supplier de les superviser. Auguste Perret a dépassé les septante ans à ce moment-là et accepte de guider ce groupe d'architectes pour son ultime projet. Il prouve encore une fois l'influence qu'il a pu avoir à la fois sur les architectes en tant que personne, mais surtout sur l'architecture elle-même.

## 2. Influences et Inspirations

L'œuvre d'Auguste Perret sera marquée par l'influence de plusieurs concepts. Ceux-ci lui sont tantôt inculqués par sa famille, des lectures, des professeurs, des inspirations. Bien sûr, sa famille et notamment son père constituent la première influence. Né les pieds dans le domaine de la construction, il a été baigné dans ce secteur dès le départ. Son père travaillait la pierre et occupait également la fonction d'entrepreneur. Constructeur et ingénieur il va inspirer ses fils à travailler dans le domaine de la construction. Mais ce n'est pas le seul à avoir mis dans la tête d'Auguste Perret des concepts qui vont façonner son architecture au cours des années.

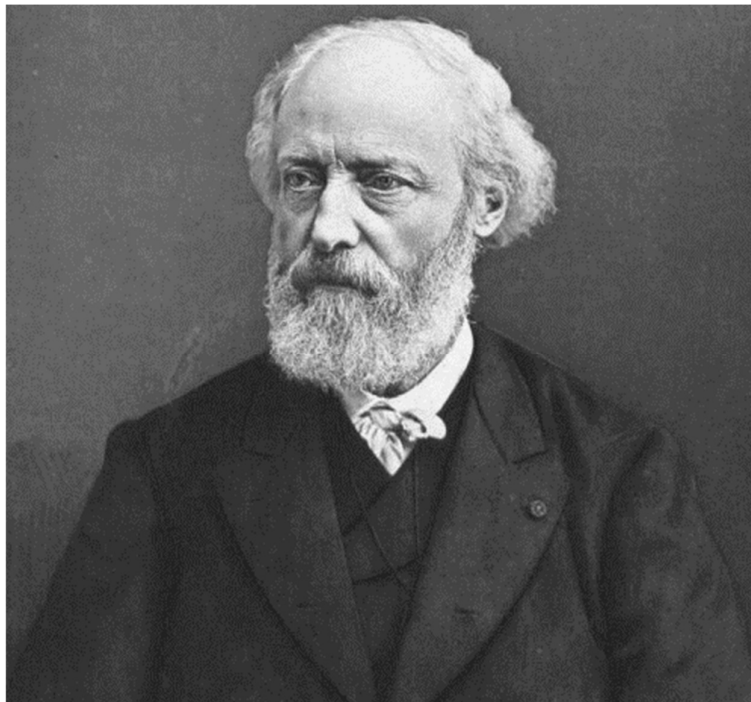
### 2.1. Eugène Viollet-le-Duc (1814 – 1879)

Eugène Viollet-le-Duc est également un architecte français. En réalité, on peut le considérer comme appartenant à plusieurs professions, il est aussi historien, professeur, écrivain et d'autres encore. Il est autodidacte car il refuse d'entrer à l'école des Beaux-Arts. Il est connu notamment pour la restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris.

Outre son architecture, son œuvre la plus connue est « le Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>ème</sup> au XVI<sup>ème</sup> siècle ». Cet ouvrage est publié en 1854 et constitue, encore aujourd'hui, une des meilleures bases pour comprendre l'architecture du Moyen-Age. Avec ses écrits, il démontrera qu'il est un précurseur du mouvement moderne en décrivant le rationalisme. Il établit d'ailleurs les bases de ce courant architectural : nature, forme, fonction et matière. Le rationalisme est également défini comme une théorie qui revendique que chaque action devrait être entreprise sur base de la raison ou de connaissances plutôt que sur base de croyances religieuses ou réponses émotionnelles.

Comme Auguste Perret, Eugène Viollet-le-Duc sera beaucoup critiqué tout au long de sa vie. Il réussira toutefois à s'entourer de disciples qui le soutiennent et le respectent et surtout qui adhèrent à ses idées. C'est seulement à partir de 1964, une centaine d'années après sa mort, que des expositions lui sont dédiées et qu'il obtient la notoriété qu'il mérite. On le considère à présent comme le précurseur de l'architecture innovante du XX<sup>ème</sup> siècle mais surtout de l'architecture en béton d'Auguste Perret.

*« Je ne puis admettre que l'on impose la reproduction des formes de l'art des anciens, des peuples du Moyen-Age ou des académies de Louis XIV, précisément parce que ces formes étaient l'expression des mœurs de ces temps et que nos mœurs du XIX<sup>ème</sup> siècle ne ressemblent ni à celles des grecs ou des romains ni à celles des époques de la féodalité ou du XVI<sup>ème</sup> siècle. » - Viollet le duc*



*Figure 6 : Portrait d'Eugène Viollet-le-Duc*

L'architecture selon Eugène Viollet-le-Duc c'est d'utiliser les matériaux selon leurs propriétés et leur nature essentielle. La fonction doit s'exprimer de la manière la plus simple avec une structure forte et durable. La forme est donc directement produite par la fonction. Il revendique une conception raisonnée et instinctive. Il revendiquera également l'utilisation des matériaux modernes dans son architecture. Il considère que l'architecte doit construire en fonction des propriétés du matériau en respectant les besoins liés au programme et la culture de l'endroit dans lequel ils sont construits. Sa vision de la remise en valeur d'édifices de style gothique est qu'il est plus intéressant de réinterpréter que de copier à l'identique. Il explique également que l'architecture doit exprimer clairement la matérialité mise en œuvre, qu'il faut assumer les matériaux utilisés et ne pas les dissimuler.

Auguste Perret a lu plusieurs de ses ouvrages et sa vision de l'architecture découle de celle de Viollet-le-Duc. Il le considère comme son maître et aussi comme celui qui lui a permis de se détacher des principes conservateurs de l'Académie. Apparemment, il aura lu pour la première fois les écrits de Viollet-le-Duc lorsqu'il était âgé seulement de onze ans. Il lira le « Dictionnaire »<sup>9</sup> dans son entièreté avec ses dix volumes et ne s'arrête pas là. Il lit plusieurs livres de l'auteur et s'imprègne de ses théories. Viollet-le-Duc définit le temple grec comme rationaliste et structuriste. On retrouve la dualité mise en évidence entre architecture classique et architecture gothique dans cette analyse. Cette dualité qu'on retrouvera également dans les théories et a fortiori dans l'architecture de Perret. Il va beaucoup s'intéresser à ses théories et on retrouve en effet plusieurs éléments de similitude entre les deux architectes. Premièrement, le respect des proportions et la symétrie. Ensuite, l'expression de la structure en façade avec une hiérarchie qui correspond au processus de construction. L'expression claire des matériaux utilisés mais aussi la mise en place de la structure qui s'adapte parfaitement à la fonction qu'occupe le bâtiment.

---

<sup>9</sup> **Viollet-le-Duc, E.** (1854 à 1868). Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIème au XVIème siècle. Editions Bance-Morel.



*Figure 7 : Portrait de Julien Guadet*

## 2. 2. Julien Guadet (1834 – 1908)

Julien Guadet est un architecte français. Il est né à Paris en 1834 et il ira étudier à l'école des Beaux-arts de Paris. Il a été le professeur d'Auguste Perret et de son frère Gustave durant leurs années à cette même école. Auguste rentre à l'atelier de Julien Guadet lorsqu'il a seulement seize ans. Il semblerait, selon certaines sources que Auguste Perret ne raffolait pas de la dynamique d'enseignement à l'école des Beaux-Arts. Bien qu'élève brillant, il considérait l'atelier comme un endroit rempli de fainéants et n'y passait pas beaucoup de temps finalement. Julien Guadet a enseigné durant une vingtaine d'années dans cette école et il occupe également des postes importants dans la Société centrale des architectes.

Il est également le père de Paul Guadet qui sera un architecte important dans le courant du XXème siècle. Paul Guadet est étudiant à l'école en même temps que les frères Perret. Avec quatre de leurs autres camarades, ils formaient un groupe d'amis qui se réunissaient souvent à la maison de Jules Guadet. On observe ici une relation très personnelle entre le professeur et l'élève. Cette proximité renforce l'influence qu'il a pu avoir sur le jeune Auguste Perret.

Julien Guadet avait une vision de l'histoire de l'architecture très prononcée. Il allait à l'encontre de ce que revendiquait notamment Viollet-le-Duc. Il considérait les œuvres du passé comme ancrées dans un temps qui ne nous appartient plus. Il ne partait pas du principe qu'il fallait reconstituer les édifices tels qu'ils avaient été construits. Par contre, il s'intéressait aux traces que le passé a pu laisser sur un bâtiment. Selon lui, il ne faut pas copier ce qui appartient au passé au risque de prétendre « refaire » et donc falsifier. Julien Guadet accorde une grande importance aux éléments traditionnels et classiques de l'architecture. Toutefois, il conserve une démarche fonctionnaliste et progressiste.

Le cours qu'il donnait à l'atelier qu'il dirigeait établissait des liens entre les traditions gothiques et classiques de l'architecture française. Ces deux courants ont été mis chacun dans des cases séparées depuis le conflit qui avait éclaté au siècle précédent entre Viollet-le-Duc et les Académiciens. Julien Guadet est le premier à rassembler ces deux concepts depuis le conflit. Il permet alors à ses élèves de percevoir à la fois le rationalisme de Viollet le duc et la théorie selon laquelle l'architecture doit se traduire par une structure simple et harmonieuse en respectant les besoins de l'homme.

Il considère le classicisme comme un concept universel qui s'applique à tous les domaines que ce soit la littérature ou l'architecture. Il a écrit de nombreux ouvrages de théories de l'architecture, il deviendra d'ailleurs professeur de théories à l'école des Beaux-arts. Il ne prétend pas savoir comment créer une architecture classique. Par contre, il a l'ambition de dire qu'il apprend à ses élèves l'état de l'art exact de ce qui a été produit. Son livre « éléments et théorie de l'architecture » se compose en deux parties. Dans la première partie, il décline l'architecture en différents éléments relativement simples. Dans un second temps, il développe

les grands principes de l'architecture en la décomposant selon différents programmes et typologies. Ces deux entités reflètent la composition de la réflexion qu'il mène au long de sa vie. Ses intérêts sont donc portés à la fois sur l'histoire de la construction et l'histoire des typologies. Il avait une certaine méprise pour la période gothique et se penchera davantage sur l'étude de la période moderne du XVIème au XVIIIème siècle. Il avait une vision assez traditionnelle de l'architecture mais il cherchait toutefois un équilibre entre l'expression du passé et l'adaptation au présent.

On considère que c'est notamment lui et son atelier mais surtout le passage de Perret à l'école des Beaux-Arts qui ont forgé en lui cette admiration pour l'art grec. Encore étudiant, il avait réalisé un superbe dessin d'un petit temple grec, une image de la passion du classicisme qui l'animera toute sa carrière. Cette passion lui a probablement été transmise par son professeur, dont on dira qu'il est le « Vitruve moderne » et meilleur professeur de l'école. L'apport de Julien Guadet se manifeste également chez Perret dans le fait qu'il va sans cesse rechercher un équilibre entre le gothique et le classique. Comme son professeur l'avait énoncé dans son cours, les similitudes existent.

### 2. 3. Les ordres et les traditions antiques

Auguste Perret est passionné de l'architecture de l'antiquité. Son objectif ultime est de créer un « ordre du béton armé » qui pourrait rivaliser avec les ordres antiques. Le béton armé constitue pour lui le matériau moderne par excellence. Il présente de nombreux avantages : une large disponibilité, de grandes performances tout en restant économique. Dans sa volonté de respecter les traditions tout en les adaptant aux matériaux modernes, sa vision est logique. Parvenir à recréer des ordres comparables à ceux qui ont fondé l'architecture jusque-là, serait pour lui la création d'une nouvelle base en concordance avec son temps et ses principes.

Il trouve un exemple parfait de l'architecture dans le Parthénon. Le Parthénon représente l'œuvre la plus importante que les hommes aient réalisée. Il le décrit comme un ensemble logique doté d'assemblages extrêmement précis. Pour lui, l'esthétique grecque est inégalée. Il s'y réfère pour justifier qu'il n'utilise pas d'ornements pour garnir les façades qu'il dessine.

Auguste Perret trouve de nombreux parallèles entre l'architecture antique et la sienne. Il identifiera le bois comme point commun. Il utilise le bois pour les coffrages du béton et l'architecture antique imitait l'aspect des constructions en bois. Il considère dès lors, que les architectures sont de la même famille. Les structures ponctuelles avec les poteaux à intervalles réguliers, constituent également un élément de composition commun. Bien qu'il utilise des poteaux à base carrée et à base circulaire, l'ossature reste monolithique. Il justifiera l'écart par rapport à la forme cylindrique en argumentant que les palmiers en Egypte ont une base moins large que leur tronc. Les matériaux sont assez solides pour n'être utilisés que ponctuellement. Cette affirmation se détache des pratiques du XX<sup>ème</sup> siècle avec les murs massifs en maçonnerie, élément dont Auguste Perret cherche impérativement à se séparer. Il réinterprète les bases de l'architecture antique tout en comparant sans cesse les qualités des deux architectures.

L'ambition d'Auguste Perret de créer un nouvel ordre classique est aujourd'hui considérée comme accomplie. De par sa maîtrise du matériau et de sa mise en œuvre, du dimensionnement aux finitions, il est considéré comme avoir en effet construit « l'ordre du béton armé ». Tout comme les ordres classiques, les principes initiés par l'architecte seront réutilisés et réinterprétés parfois par d'autres architectes.



*Figure 8 : intérieur du Palais d'Iéna, Paris*

### 3. Classicisme structurel

Le classicisme structurel est le style qui est décrit comme appartenant aux principes d'Auguste Perret. Découlant des différentes visions de l'architecture qu'il a pu consulter durant ses apprentissages, Perret affirme son propre style lorsqu'il construit. Le classicisme structurel est le style précis qui lui appartient et qu'il va perfectionner de jour en jour jusqu'à sa mort. Nous allons ici aborder les caractéristiques qui définissent ce style.

#### 3.1. L'ossature en béton armé

Les frères Perret considèrent le béton comme le matériau moderne par excellence. Ils le voient comme le matériau du futur qu'il est en effet et le mettront en œuvre dans toutes leurs compositions et pour absolument tous les éléments de construction.

L'ossature en béton armé est probablement le premier élément identifiable et le plus important lorsqu'on parle de classicisme structurel. Les frères Perret démontrent l'aspect économique du matériau béton par leur conception d'une ossature. Selon eux, celle-ci doit se montrer le plus simple possible : elle est une solution rationnelle aux contraintes de stabilité. La structure est toujours ponctuelle, constituée de poteaux qui définissent une trame. Cette trame leur permettra d'organiser les projets de manière rigoureuse tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. A l'intérieur, les poutres apparentes définissent la structure mais surtout l'ambiance intérieure. A l'extérieur, la façade traduit la structure afin de ne rien cacher du processus de construction. Les dessins de façade sont toujours très ordonnés et symétriques. La hiérarchisation de la structure est un élément qui doit impérativement être compris dans le dessin de la façade. Les poteaux de l'ossature sont généralement mis en œuvre comme des pylônes en façade. Les poutres et dalles sont présentes sous forme de grandes bandes horizontales. Le spectateur comprend ainsi directement comment le bâtiment fonctionne et la vérité de la structure est conservée. En jouant sur les reliefs, les couleurs et les aspects, Perret parviendra à trouver un jeu entre l'ossature et les éléments de remplissage.

Les deux frères maîtrisent parfaitement le béton armé. Ils sont conscients de toutes les forces et faiblesses qui lui sont attribuées. Ils construisent et conçoivent les structures dans les moindres détails. Ils savent utiliser le béton sous différentes formes y compris pour les structures qui témoignent d'un savoir-faire hors norme. Ils arrivent à texturer et colorer le béton pour en faire un élément de décoration. Tout en restant fidèles à leurs principes et à l'exclusivité qu'ils accordent au béton, ils parviennent à faire de cette matérialité un tout cohérent et esthétique.



*Figure 9 : théâtre des Champs Elysées*

### **3. 2. La forme et la fonction**

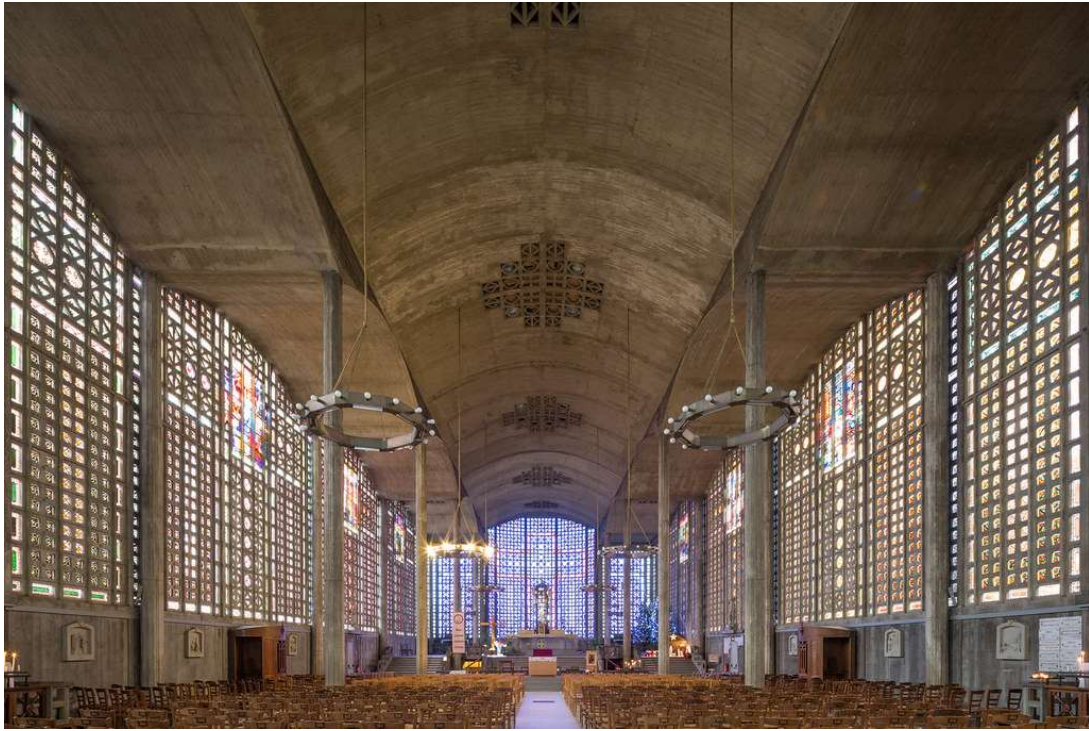
La fonctionnalité est essentielle pour Auguste Perret. Il construit dans l'objectif de créer un édifice adapté aux besoins du programme et pas pour la beauté même du bâtiment. Toujours dans l'optique de montrer la vérité, il estime que le spectateur doit pouvoir comprendre directement ce à quoi le bâtiment est destiné, ceci en mettant en œuvre le moins de moyens possible. Le simple fait de construire ne suffit pas à Perret pour considérer qu'on parle d'architecture. Revenons sur l'exemple du temple grec si cher à Perret. Un temple grec, c'est une poutre posée sur deux appuis, pourtant, les colonnes qui le composent sont plus nombreuses que deux. Les colonnes centrales n'ont donc aucun rôle structurel. La forme doit découler directement de la fonction et non l'inverse. C'est le programme et les besoins de chaque pièce ou espace qui vont dicter sa forme. Bien sûr, la structure est la première contrainte comme nous l'avons compris dans le point précédent. Un immeuble d'habitation n'aura pas la même forme qu'un lieu de culte. Toutefois, ceci ne veut pas dire que tous les immeubles d'habitation auront la même forme. Chaque édifice est différent.

### **3. 3. Les rapports au sol et au ciel**

Les façades sont souvent régies par de grandes lignes verticales entrecoupées de lignes horizontales. La corniche, rapport au ciel, est bien présente et déborde en toiture. On parlera de dramatisation des rapports au sol et au ciel. Les colonnes en béton armé qui descendent de la toiture jusqu'au sol renforcent cette verticalité. Elles sont souvent assez conséquentes, de l'ordre de cinquante centimètres et représentent une descente de charge exagérée. Les colonnes forment comme un ordre monumental du sol jusqu'à la corniche. La corniche quant à elle, accentue la fin de cette verticalité. Elle représente pour le spectateur le couronnement du bâtiment. Sur la plupart des édifices elle est très large et encore une fois, de proportion exagérée pour dramatiser le rapport au ciel. Les éléments de la colonne et de la corniche sont deux éléments qu'on peut considérer comme classiques. Il les réinterprète à sa manière pour affirmer son propre style.

### **3. 4. La clarté de l'expression**

Auguste Perret travaille le béton sous toutes ses formes. Le principe de clarté de l'expression et par conséquent la vérité du matériau est fondateur. Il n'utilise jamais d'ornements qui provient d'un autre matériau. Le béton se suffit à lui-même. Il le considère comme encore plus beau que la pierre naturelle puisqu'il est fabriqué par l'homme. On connaît donc mieux ses caractéristiques et comment il se comporte. Il est également obsédé par les marques que le coffrage en bois laisse sur le béton. Il aime tellement le béton et il est tellement passionné qu'il sera intransigeant. Les couleurs, les granulats, les textures, tout doit être étudié dans les moindres détails. Tout comme la structure qui doit être exprimée clairement et compréhensible d'un point de vue extérieur, les matériaux doivent exprimer leur vérité. Ils se distinguent tout en montrant chacun leurs qualités.



*Figure 10 : intérieur de l'Eglise Notre Dame de Raincy*

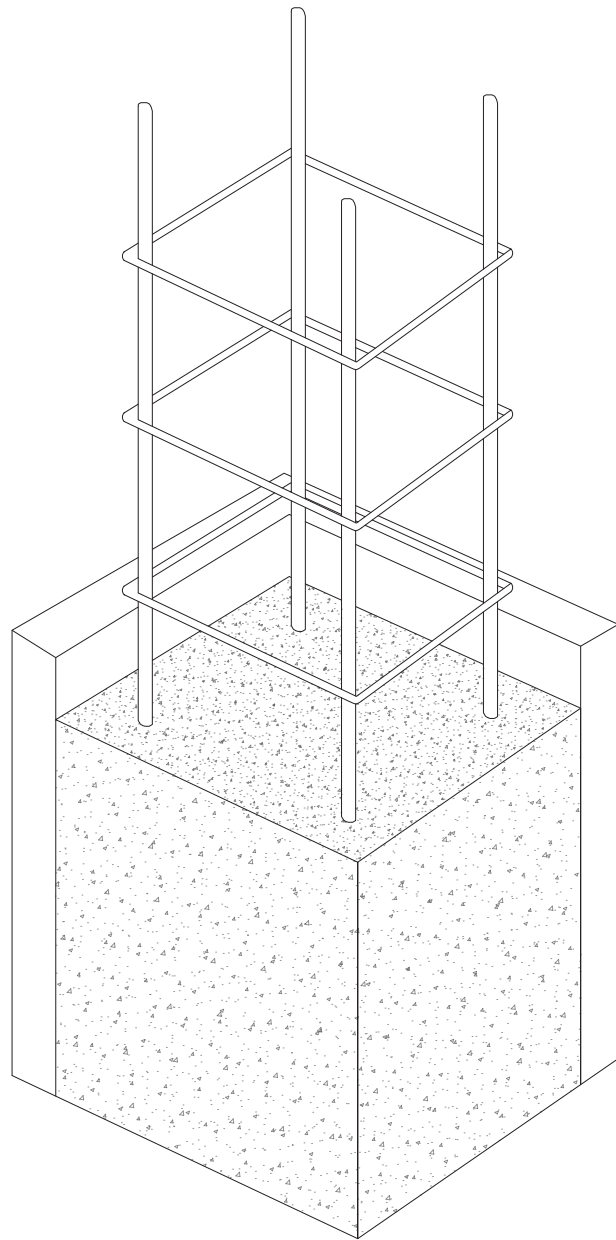
#### 4. Synthèse

Pour conclure, Auguste Perret est un architecte qui montre du talent et de l'intérêt très tôt. Il est entouré de sa famille qui l'encourage et le pousse à faire de l'architecture. Dès l'enfance, il s'intéresse aux théories de Viollet-le-Duc. Il suivra ensuite les cours de l'atelier de Julien Guadet qui va compléter son enseignement. Il sera alors exposé à deux visions différentes du rationalisme, du classicisme et des traditions. Auguste Perret développera grâce à ces deux hommes une passion pour l'architecture antique qu'il considère comme parfaite. Il développera par la suite une entreprise familiale avec ses deux frères. C'est en trouvant leur expertise dans le béton armé que les frères vont se faire connaître.

Suite à ces années d'enseignements, Auguste et Gustave Perret se lancent dans la construction d'édifices. Très vite, Auguste prendra l'ascendant et bien que les deux frères signent les plans, c'est l'aîné qui dirige. Dès le départ, ses intentions sont très claires et il n'hésite pas à les affirmer. Il veut prouver que le béton est un matériau qui mérite plus de reconnaissance de par ses nombreuses qualités. Il fera de cette affirmation le travail de sa vie. Toute son œuvre s'articule autour de ces principes qui font de lui un homme célèbre.

Il développe son propre style et son propre « ordre du béton armé ». Le classicisme structurel, encore utilisé bien après sa mort, se caractérise par des principes simples mais rigides. A l'intérieur et à l'extérieur, il est impératif de restituer la hiérarchie constructive. La structure est en béton armé et doit rester apparente. Les différentes parties portantes ou non de l'édifice sont visibles en façade. La forme est régie par la fonction et les principes structurels. Les rapports du bâtiment au ciel et aux sols sont également fondateurs. Ils sont souvent exagérés et leurs dimensions monumentales.

La mise en œuvre de structures en béton armé est une réelle passion pour les frères Perret. Ils considèrent ce matériau comme fondamental méritant d'être sublimé. Ils vont le traiter de nombreuses manières différentes de la structure à l'ornement. A la fois respecté et énormément critiqué, il va quand même réussir à devenir le maître du béton armé et un des architectes les plus influents du XXème siècle.



## II. Les structures en béton armé

Après avoir introduit l'architecture d'Auguste Perret, nous allons maintenant aborder la question des structures en béton armé. Présentes depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, elles se sont répandues dans le courant du XX<sup>ème</sup> siècle. Peu présentes dans les bâtiments de logement auparavant, c'est grâce notamment à Auguste Perret et Le Corbusier que les structures en béton armé ont pu se développer. Les romains avaient en réalité déjà inventé des processus de constructions similaires mais c'est seulement beaucoup plus tard que le ciment et par conséquent le béton vont réellement être « découverts ». De nombreuses expériences ont eu lieu et puis seulement, les premiers ouvrages ont été construits. Dans nos régions, on voit l'utilisation du béton tel que nous le connaissons en premier lieu à François Hennebique . Il était ingénieur et nous a permis de comprendre le comportement de ce matériau peu connu. Il a ensuite été utilisé pour les bâtiments industriels, les ponts et les gares, avant d'être enfin reconnu comme un matériau assez digne pour être mis en œuvre pour des édifices destinés au logements. Il représente aujourd'hui le matériau le plus utilisé dans la construction.

BETON

=

GRANULATS

+

MORTIER

=

Graviers/Concassés  
/!\ granulométrie

+

Sable  
Ciment  
Eau  
/!\ Rapport EC  
Adjuvants

## 1. Composition et mise en œuvre

### 1.1. Les composants du béton

Le béton est un matériau entièrement conçu par l'homme. Il est composé de manière générale de granulats et de mortier. En dehors de ces deux composants principaux, une certaine quantité d'air est également présente dans le béton. Il constitue un matériau très solide et largement mis en œuvre, surtout en Europe.

En ce qui concerne les granulats, il s'agit de petits éléments minéraux qui peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Ce sont soit des concassés, soit des granulats. La granulométrie de ces éléments constitue un élément important. Idéalement, certains granulats doivent présenter une granulométrie élevée, ce sont des plus gros éléments. Ils doivent être mélangés avec des granulats plus petits qui s'immiscent dans les interstices résiduels. Ainsi, la quantité d'air est réduite et le mélange est cohérent. La composition et l'origine des granulats est importante dans la composition du béton. C'est notamment cet élément qui fait varier la résistance du matériau ainsi que son aspect esthétique.

Le deuxième élément composant du béton est le mortier, lui-même comprenant : le sable, le ciment, l'eau et les adjuvants.

Le sable est le second élément le plus présent dans la composition après les granulats. Il représente environ trente pourcent du mélange.

Le ciment est le composant qui lie les différents éléments ensemble. Ses caractéristiques sont fortement liées à la quantité d'eau présente dans le béton. En effet, le ciment durcit au contact de l'eau. On parle souvent du rapport Eau/Ciment qui est déterminant pour un béton de bonne qualité. L'eau hydrate le ciment et lui permet justement de remplir sa fonction de liant. Une trop grande quantité d'eau rendrait le béton trop mou, avec un temps de séchage très long et une mauvaise résistance.

Les adjuvants ne sont pas nécessaires dans la composition du béton. Le béton est mis en œuvre dans les constructions pour de plus en plus d'ouvrages et par conséquent, la qualité se doit d'augmenter. On rajoute donc ces composants chimiques qui améliorent la qualité du béton. Ils représentent moins de cinq pourcent de la composition mais sont aujourd'hui indispensables. Ils peuvent avoir plusieurs fonctions mais servent principalement à accélérer la prise du béton.

Dans le cas d'Auguste Perret, les composants sont calculés très précisément. Il avait également pour habitude de mélanger des poudres de couleurs avec son béton pour lui donner des tons différents. Il a souvent utilisé des couleurs ocre ou rosées.

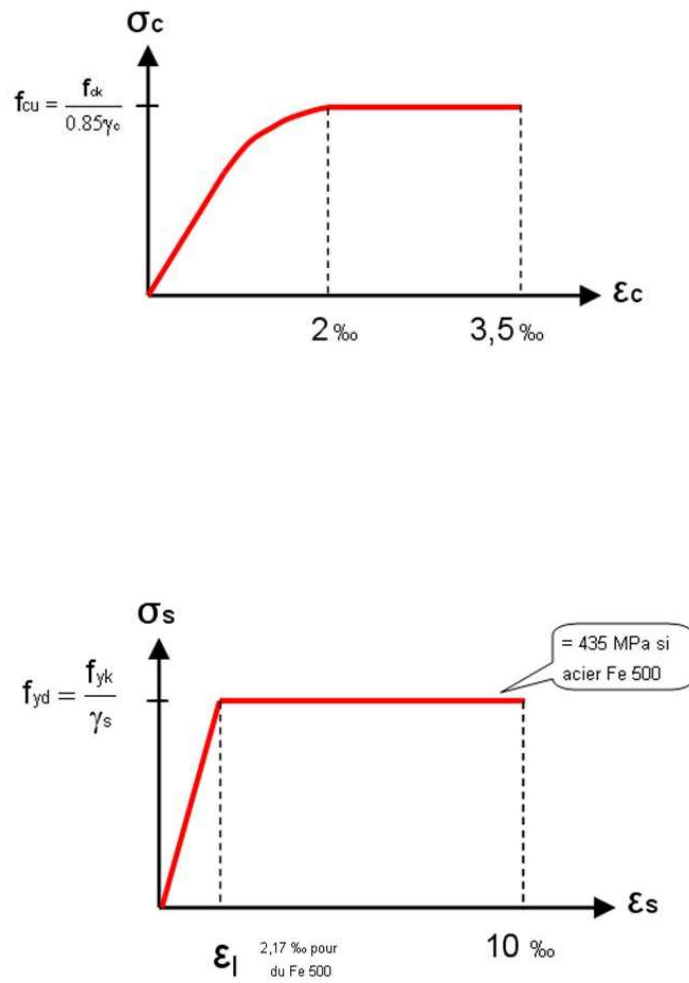


Figure 11 : diagramme contrainte - déformation du béton (dessus) et de l'acier (dessous)

## 1. 2. Le béton armé

Le béton armé est un matériau composite. Il est composé de béton et de barres d'armatures en acier. De manière générale, le béton résiste bien à la compression mais a une très faible résistance à la traction. Les barres d'armatures sont donc présentes pour reprendre ces efforts de traction.

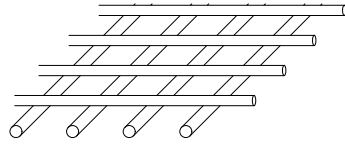
Si on contraint le béton à une charge croissante en compression, il se comportera ainsi : dans un premier temps, il se déforme proportionnellement à la charge appliquée. Le béton se trouve alors dans sa zone quasi-élastique jusqu'à une contrainte qui correspond environ à quarante pourcent de sa résistance. A partir de cette charge critique, le béton commence à se fissurer. La déformation augmente rapidement jusqu'à la contrainte maximale où le béton arrivera au point de rupture. Lorsque le béton est soumis à un effort de traction, il atteint son point de rupture très rapidement. Il est même considéré comme fragile et sa résistance à la traction sera donc négligée dans les calculs. C'est la raison pour laquelle l'acier a été introduit dans le béton afin de créer un matériau résistant aux deux efforts. Il existe différents types de bétons qui sont catégorisés par « classes ». Chaque classe présente un module d'élasticité différent qui est repris dans des tableaux mis en place par des experts.

L'acier d'armature peut se présenter sous différentes formes. Il peut s'agir de barres mais aussi de treillis, cadres, fils ou armatures triangulaires. L'acier a été choisi comme matériau pour venir renforcer le béton car les valeurs des coefficients de dilatation thermique des deux matériaux sont très proches. Lorsqu'on contraint l'acier à une charge croissante en traction, il présentera également une phase élastique au début de l'essai. Une fois cette contrainte dépassée, le matériau présente un palier plastique. La contrainte reste la même mais la déformation continue d'augmenter. Si on augmente encore la charge faiblement, le matériau continue de se déformer jusqu'à la contrainte maximale où la rupture survient. Outre les caractéristiques mécaniques, d'autres éléments rentrent en jeu dans la mise en œuvre de l'acier. Les armatures doivent être enrobées convenablement. L'enrobage correspond à la couche de béton qui recouvre l'acier, celle-ci est reprise dans des tableaux précis<sup>10</sup>.

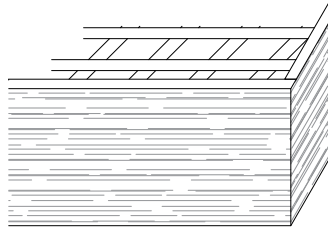
Sur base des essais de résistance à la traction pour le béton et à la traction pour l'acier que les valeurs de calcul de dimensionnement sont définies. Afin de jouer la sécurité, on détermine des valeurs sécuritaires, celles que tous les échantillons atteindront d'office. Une série de calculs, de vérifications et de contrôle doivent alors être entrepris par différents intervenants afin d'arriver au dimensionnement final et définitif. L'étape qui précède la mise en œuvre est donc très importante et conséquente pour les concepteurs.

---

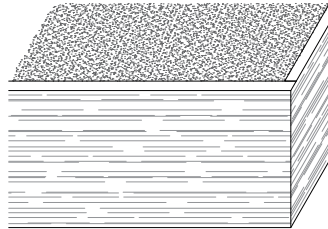
<sup>10</sup> Les tableaux et valeurs qui déterminent les différentes règles quant à la mise en œuvre de l'acier se retrouvent dans les Notes d'informations techniques du centre technique et scientifique de la construction : Buildwise



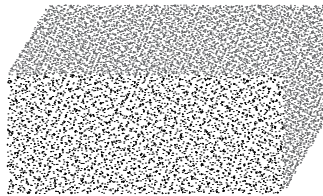
Armatures



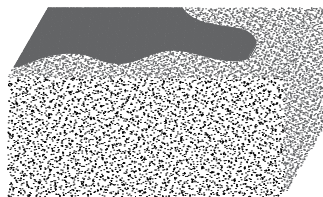
Coffrage



Coulage



Décoffrage



Cure

### 1. 3. Le phasage construction

La première étape de la mise en œuvre et possiblement la plus importante, comme on a pu le voir au point précédent, est la mise en place des **armatures**. Certaines parties peuvent être assemblées en atelier, mais la plupart des éléments doivent être montés sur chantier. Les ouvriers disposent d'un plan qui précise l'emplacement de chaque élément. Ils doivent être très précis dans leur travail pour bien suivre ce que le bureau d'étude a spécifié.

Ensuite, de grands éléments en bois sont mis en place afin de contenir le béton lorsqu'il sera coulé. Les planches de bois sont retenues par des étaçons qui soutiennent ces éléments de coffrage. Le **coffrage** permet de donner au béton la forme définitive qu'il aura à la fin du processus. Un béton brut de décoffrage aura donc les marques du bois sur sa surface. Cet élément d'ailleurs, constituait pour Auguste Perret un grand atout esthétique du béton.

Une fois que le coffrage est placé correctement, on peut passer au **coulage** du béton. Les bétonnières transportant souvent des dizaines de litres de béton liquide qui sont coulés petit à petit dans les coffrages. Afin qu'il soit lisse et à un niveau qui est le même sur toute la surface, les ouvriers doivent le remuer. Souvent, des cordes sont tendues d'un bout à l'autre de l'ouvrage pour vérifier que le niveau fini est relativement droit.

Le béton doit alors sécher. Il mettra environ 28 jours à atteindre la résistance souhaitée. Lors de la phase de séchage, on observe le retrait du béton. L'eau s'évapore et fait donc diminuer le volume du béton. Inévitablement, des petites fissures se créent alors à la surface. Le retrait n'a rien d'inquiétant tant qu'il reste contrôlé et que les fissures n'affectent pas la résistance du matériau. Ses effets peuvent être diminués par une bonne gestion du rapport Eau/Ciment et par l'application de la cure (voir dernier paragraphe). Il existe également des joints de retrait qui permettent de prévoir ces déformations et de limiter les impacts.

Lorsque le béton est sec, on peut alors procéder au **décoffrage**. Le béton atteint alors son aspect final.

Enfin, la dernière étape consiste à protéger le béton. On y applique alors une sorte d'enduit qu'on appelle la **cure**. Cette étape finale permet de créer une couche à la surface du béton jeune qui le protège. Le rôle de la cure est d'étanchéiser le béton afin d'éviter que trop d'eau ne s'échappe. En temps normal, une partie de l'eau s'évapore et une autre partie de l'eau contenue dans le béton est consommée par les réactions chimiques des grains de ciment. Ces deux éléments mènent à la déshydratation du béton qui le rendent alors vulnérable. C'est pourquoi, la cure est appliquée afin de limiter les pertes en eau.



*Figure 12 : photo d'archive du chantier des ISAI*

## 2. Pathologies

Il existe deux grands types de pathologies concernant les ouvrages en béton armé. Les structures peuvent être affectées par des défauts dans le béton ou par la corrosion des armatures. Les défauts dans le béton peuvent se traduire par des dégradations d'ordre mécaniques, chimiques ou physiques<sup>11</sup>. En général les causes de ces dégradations sont des agents ou composants du béton même. Les caractéristiques de l'environnement dans lequel l'ouvrage se trouve est aussi grandement responsable des éventuelles dégradations.

### 2.1. Dégradations mécaniques

Les dégradations mécaniques peuvent survenir lorsque la structure subit une surcharge élevée de manière assez brusque ou qu'elle est soumise à un choc. Les tassements différentiels dus aux malfaçons dans les fondations par exemple peuvent également créer des désordres. Elles se manifestent le plus souvent par l'apparition de fissures.

### 2.2. Dégradations chimiques

On retrouve quatre sortes de dégradations chimiques.

Premièrement, on peut avoir affaire à une réaction alcali-granulats. Les granulats présents dans le béton contiennent de la silice. Cette silice peut réagir avec un autre composant, les alcalis du béton. Si cette réaction se produit, de nouveaux composants sont créés. Ceux-ci ont la capacité d'attirer l'eau et par conséquent de gonfler. Le volume de ces éléments augmente et ils peuvent générer des efforts de traction dans le béton. Ces efforts peuvent engendrer des fissures ou même mener à la rupture des armatures dans certains cas. Pour que cette réaction puisse se produire, trois conditions sont requises. Les granulats doivent en effet contenir des éléments réactifs, la structure doit subir une humidification permanente ou régulière et le béton doit contenir une grande teneur en alcalis.

Le béton est donc considéré comme un matériau alcalin. Des agents agressifs comme des acides peuvent alors attaquer le béton. Les acides réagissent avec le calcaire contenu dans le ciment. Cette réaction a pour résultat de former des sels de calcium et de la silice. Le béton perd alors progressivement ses qualités et se dégrade.

---

<sup>11</sup> Catégories CFR : CSTC (Buildwise) – NIT 231 : Réparation et protection des ouvrages en béton : bâtiment et génie civil (2008) : Chapitre 2 : Pathologies des béton et faciès de dégradation



*Figure 13 : béton armé qui présente des dégradations*

Le béton peut aussi être attaqué par des composants de l'air comme les sulfates. Si les sulfates réagissent avec le béton, le produit de la réaction est de l'ettringite. Ce phénomène peut survenir lors de la phase de durcissement ou même après le durcissement. L'ettringite peut aussi être formée par un échauffement trop important de la structure pendant le durcissement. La production de nouveaux éléments de composition entraîne un gonflement important du béton (jusqu'à trois-cents pour cent). De par l'expansion du béton, des contraintes internes sont générées. Elles peuvent causer la fissuration ou parfois la ruine totale de la structure.

Le dernier composant susceptible d'attaquer le béton sont les acides sulfuriques qu'on retrouve dans les égouts et les eaux usées. Si le béton est en contact avec une eau qui a stagné, il est fort probable qu'elle soit chargée en acides sulfuriques. Ceux-ci attaquent le ciment présent dans le béton et lui font perdre ses capacités de cohésion. Le ciment se transforme alors en gypse et le béton, sans cohésion, se décompose.

### **2. 3. Dégradations physiques**

La température durant la phase de durcissement du béton a une grande influence sur la résistance qu'il aura par après. Si les températures sont négatives, l'eau présente dans un béton encore frais peut geler et par conséquent se dilater. Ce gonflement peut entraîner des tensions et des efforts internes. Le béton risque alors de s'écailler en surface. Les dilatations peuvent aussi générer des fissures ou accentuer des failles déjà présentes. Les plans verticaux sont plus susceptibles d'être impactés par les effets du gel que les surfaces verticales.

Les changements de température en général, même si elles ne passent pas sous la barre de zéro. Les dilatations thermiques engendrent des contraintes de tractions dans le béton. Comme nous l'avons compris, celui-ci ne résiste pas à la traction. Des fissures vont donc inévitablement apparaître.

Le retrait est un phénomène qu'on a déjà mentionné. Il dépend fortement de la composition du béton lui-même. Plus le rapport Eau/Ciment est élevé, plus le retrait est important. En effet, le béton perd de l'eau pendant la phase de durcissement mais si elle est présente en trop grande quantité, des fissures apparaissent. Le retrait peut aussi se manifester de manière importante dans les bétons avec un rapport Eau/Ciment peu élevé. En effet, le béton se rétracte dû au fait que les éléments du béton, une fois sec, perdent du volume. Des fissurations peuvent donc aussi apparaître. Peu importe la composition des bétons, le retrait est un phénomène auxquelles concepteurs doivent être très attentifs.

Les surfaces bétonnées qui subissent des mouvements mécaniques en surface peuvent s'user plus rapidement. Les pneus de voitures, les passages des piétons ou même le transport d'éléments lourds peuvent provoquer des dégâts. Plus ces éléments sont rugueux, dur et grands, plus vite le béton risque de s'user. L'écoulement d'eau sur les parois bétonnées peuvent également avoir un effet néfaste. L'eau peut engendrer des pressions importantes directement appliquées aux parois, qui risquent alors d'être endommagées.

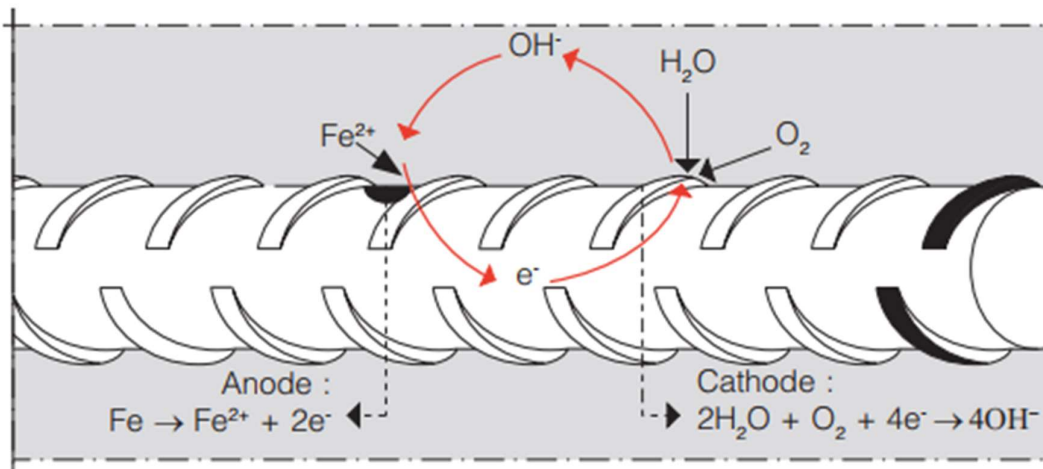
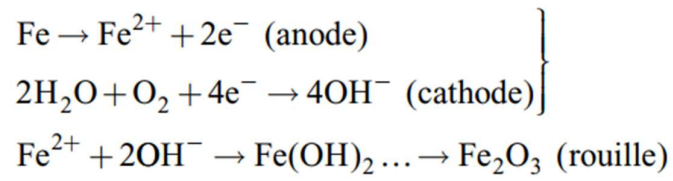


Figure 14 : formule chimique et représentation de la carbonatation

## 2. 4. Corrosion des armatures

La corrosion est un processus électrochimique complexe. Elle peut se résumer comme suit : les atomes d'oxygène et de fer réagissent en présence d'eau pour former de la rouille. Un courant différentiel se crée entre les deux parties constituantes de l'acier l'anode et la cathode. Les électrons se déplacent de l'un à l'autre. Ceux-ci vont ensuite réagir avec les ions ferreux contenus dans l'anode et cette réaction va générer de l'hydroxyde de fer.

Le résultat de la réaction chimique produit de la rouille. Le volume correspondant à la rouille est plus élevé que celui de l'acier. Des fissures vont alors apparaître dans le béton et celui-ci risque de s'effriter. La corrosion peut également entraîner une réduction de la section des barres d'acier. Les barres seront alors moins performantes et la structure perdra sa capacité portante. La corrosion peut être la conséquence de différentes causes.

La cause la plus courante est la **carbonatation**. Dans un béton jeune au pH élevé, les armatures sont protégées de la rouille par une couche d'hydroxyde de fer. La réaction de carbonatation est celle où le dioxyde de carbone présent dans l'air réagit avec les composants du béton et fait diminuer le pH. Tant que la carbonatation n'atteint pas les armatures, elle n'est pas néfaste. Elle améliore même la résistance en compression des armatures. Par contre, si elle atteint la couche de protection induite par l'hydroxyde de fer, celle-ci n'est plus effective et les armatures sont alors attaquées par la corrosion.

Les structures en béton qui sont localisées proches de centrales à haute tensions ou de lignes de trams et trains sont plus susceptibles d'être touchées par la corrosion. Ces installations libèrent des **courants électriques vagabonds** qui peuvent perturber l'équilibre électrochimique du béton. Si l'équilibre est endommagé, la corrosion est favorisée.

Les structures en béton qui sont localisées proches des côtes sont également plus susceptibles d'être touchées par la corrosion. Ces environnements sont riches en chlorures. Les chlorures peuvent rompre la couche de protection autour des barres d'armatures et créer des foyers de corrosion très localisés. Ce phénomène est souvent invisible d'un point de vue extérieur.

La dernière cause est celle qui concerne les **réparations**. Si une différence de potentiel est créée entre deux zones lors d'une réparation, la corrosion est favorisée. Les réparateurs ont donc tout intérêt à être extrêmement vigilants par rapports aux zones où ils interviennent.



*Figure 15 : photo d'archive d'un chantier des frères Perret*

### 3. Avantages et inconvénients

Auguste Perret a vanté les avantages des structures en béton armé toute sa vie. En effet, le béton armé est extrêmement solide. De par la dualité de sa composition béton et acier, sa résistance est grande et fiable. Il est capable de supporter à la fois des efforts de traction et de compression très importants. Comme nous l'avons vu précédemment l'étude du dimensionnement des armatures permet d'assurer une reprise en traction tandis que le béton reprend les efforts de compression.

La rapidité de mise en œuvre du matériau est aussi un grand avantage. C'est notamment cet argument qui a permis à Auguste Perret de justifier la reconstruction. Il fallait construire vite et les structures en béton armé sont les plus rapides à réaliser. Le processus de construction est relativement simple. La force de mise en œuvre est réduite. Il ne faut pas beaucoup de compétences techniques pour comprendre comment la structure fonctionne et comment la construire.

Le béton armé reprend la forme du coffrage, il permet donc une liberté dans la forme de l'ouvrage. Il pourra adopter n'importe quelle courbe ou angle que le concepteur souhaite lui donner. Sa mise en œuvre est donc totalement modulable. Les formes données au béton peuvent même être modifiées ultérieurement à la mise en œuvre. Des techniques de découpe et de sciage existent pour modifier certaines parties. Les structures du bâtiment peuvent donc s'adapter aux besoins et à l'esthétisme voulu.

Le béton armé est également résistant au feu. L'acier n'est pas résistant au feu, il se déforme très rapidement lors d'un échauffement. Le béton par contre, le protège car il est capable de résister au feu durant une longue période avant de subir des modifications. Outre les différentes pathologies citées au point précédent liées au gel, le béton est résistant à l'humidité. Il est donc hermétique. Il est relativement lisse. Par conséquent, il ne présente pas de petits interstices où des insectes parasites pourraient venir s'installer. Il est aussi un matériau hygiénique.

Ce matériau est résistant mais il a aussi une durée de vie assez longue. On considère qu'ils ont une durée de vie de cinquante à cent ans. Les ouvrages en béton se détériorent bien moins vite qu'une structure bois par exemple. Il est donc considéré comme un matériau économique. Le coût du matériau de base n'est pas si élevé en comparaison avec d'autres éléments de gros œuvre. De plus, le coût de l'entretien est presque nul dans les premières décennies, moyennant une structure bien réalisée évidemment. Dès sa mise en œuvre, il offre une bonne isolation thermique et acoustique de base. Si on veut atteindre les normes, il faut bien sûr en rajouter mais les chiffres de départ sont déjà respectables. Ceci offre encore un avantage économique.

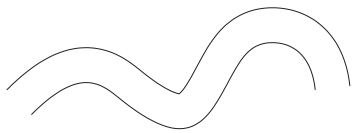
**AVANTAGES**

**INCONVENIENTS**

**Rapidité de mise en oeuvre**



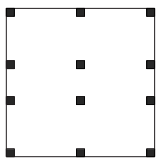
**Liberté de la forme**



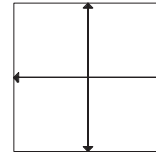
**Matériau solide et résistant**



**Structures ponctuel sans cloison**



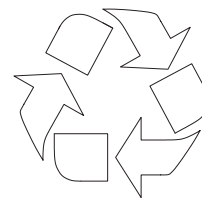
**Sections larges**



**Matériaux très polluant**



**Aucune filière de recyclage**



Les structures en béton armé sont le plus souvent des structures ponctuelles qui fonctionnent avec des poteaux. Dans le cas d'Auguste Perret, les structures sont quasiment toujours composées d'un réseau de poteaux et de dalles. Ce système constructif permet de dégager la façade de tout élément porteur. L'architecte construit selon une trame. Ces deux éléments combinés offrent un grand avantage quant au travail de réhabilitation. Aucune cloison n'est portante et donc aucune délimitation d'espace n'est fixée. Les bâtiments sont donc facilement modifiables ce qui les rend durables.

Par contre, le béton armé présente certains inconvénients. Il est rare de trouver des éléments en béton de taille réduite. Les poteaux sont de sections assez larges pour pouvoir reprendre toutes les forces qui s'appliquent à la structure. Certains peuvent considérer cette caractéristique comme un élément non esthétique. En réalité, lorsqu'on voit la maîtrise d'un architecte comme Auguste Perret pour ce type de structure, on comprend qu'il est possible de les rendre belles.

Ensuite, le ciment, composant du béton est extrêmement polluant. La production du ciment dégage une grande quantité de dioxyde de carbone, très néfaste pour l'environnement.

De plus, le sable entre aussi dans la composition du béton. Le sable est la seconde ressource la plus utilisée dans le monde après l'eau. Cette ressource est surexploitée par le monde de la construction. Le problème est que le sable utilisé dans le monde de la construction est principalement dragué dans les fonds marins et que le commerce qui y est lié n'est pas équitable. Le sable n'est pas une ressource renouvelable et l'épuisement du sable serait une tragédie pour la race humaine<sup>12</sup>.

L'impact environnemental et l'empreinte écologique des matériaux que nous utilisons aujourd'hui ne peuvent plus être négligés. Cet aspect de la construction en béton représente un point négatif qui n'était pas pris en compte dans les années cinquante. Le béton ne permet que très peu d'options de recyclage. Il peut donc être considéré comme un matériau peu respectueux de l'environnement.

---

<sup>12</sup> « Un rapport de l'Onu a appelé mardi à une action urgente pour éviter une "crise du sable", y compris l'interdiction de l'extraction sur les plages, alors que la demande atteint 50 milliards de tonnes par an dans un contexte de croissance démographique et d'urbanisation. »

**Ruiz, T.** (2022). « Crise du sable » : l'ONU alerte sur le futur désastre environnemental de la surexploitation de la ressource. *Monde, Environnement, Midi Libre*.

BETON = GRANULATS

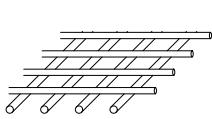
+

MORTIER =

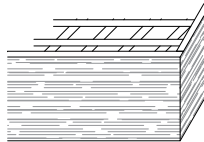
Graviers/Concassés  
/!\ granulométrie

+

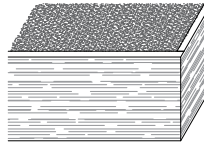
Sable  
Ciment  
Eau  
/!\ Rapport EC  
Adjuvants



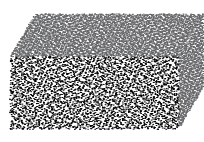
Armatures



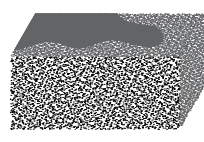
Coffrage



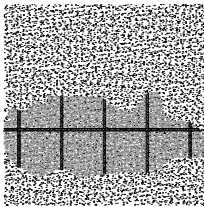
Coulage



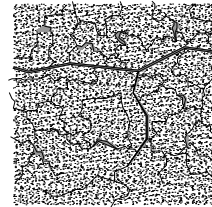
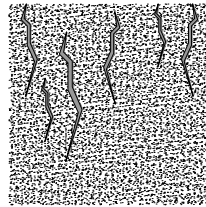
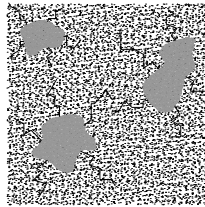
Décoffrage



Cure



Corrosion des armatures :  
Carbonatation



Dégradations mécaniques, chimiques ou physiques :  
Gonflements internes, fissures ou écaillages

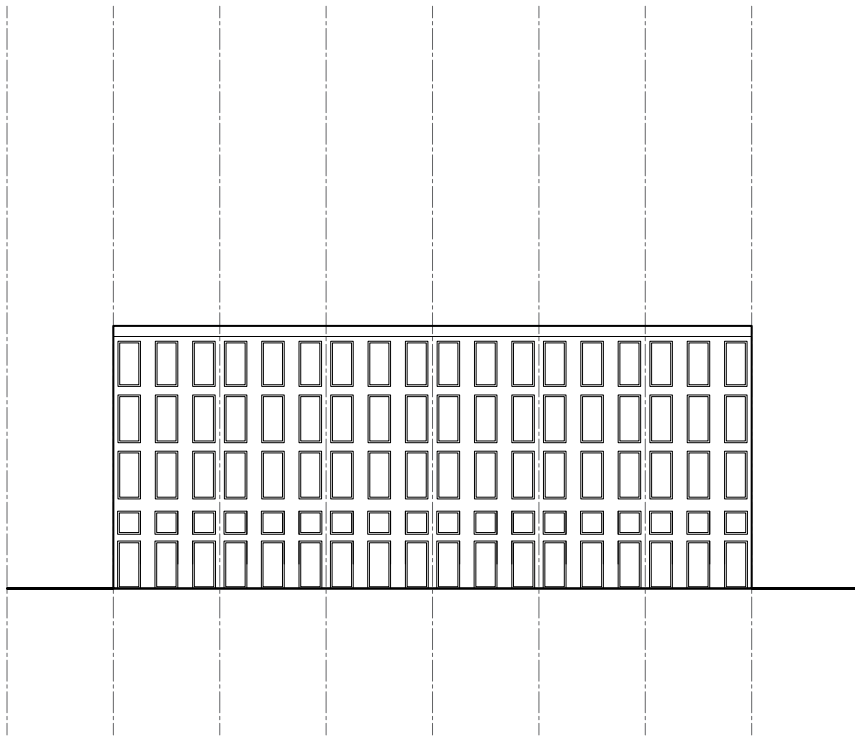
#### 4. Synthèse

Le béton est un matériau artificiel. Il est composé de mortier et de granulats. La quantité de chaque composant doit être précisément calculée car chaque élément a une influence directe sur la résistance finale du matériau. Le béton armé est une combinaison de béton et d'acier. Son fonctionnement consiste à combiner les deux matériaux pour qu'ils répondent respectivement à des efforts de traction et de compression. En effet, le béton résiste très bien à la compression mais se fissure rapidement lorsqu'il est contraint à des efforts de traction. C'est la raison pour lesquelles les barres d'armatures sont en acier. Elles permettent d'assurer une bonne résistance à la traction.

La mise en œuvre du béton armé est relativement simple, elle se décompose en cinq étapes. Tout d'abord, les armatures sont placées sur le chantier. Ensuite, on place les coffrages, éléments de bois qui retiennent le béton et lui donnent la forme voulue. Le béton est ensuite coulé et mettra environ quatre semaines à atteindre sa résistance finale. Dès que le béton est sec, on peut procéder au décoffrage. Afin de protéger le béton, on applique la cure à la surface. La cure est un produit qui permet d'étanchéifier le béton et d'empêcher la déshydratation extrême.

Les ouvrages en béton armé peuvent être affectés par des dégradations d'ordre mécanique, chimique ou physique. Le plus souvent, ces dégradations génèrent des fissures dans le béton. Outre ces trois causes de dégradations, les structures en béton sont souvent touchées par des dégâts de corrosion. La corrosion est un processus électrochimique qui a pour résultat de créer de la rouille. Cette rouille est souvent visible de l'extérieur du bâtiment. Elle n'est pas esthétique mais témoigne surtout d'une dégradation des barres d'acier qui peuvent mener à la rupture de l'ouvrage.

Le béton armé présente de nombreux avantages. Économiquement, il est moins onéreux que les autres matériaux par rapport à sa grande résistance. Il est également rapide à mettre en œuvre et présente une facilité quant à la forme qu'on peut donner à la structure. Par contre, le béton armé n'est pas un matériau respectueux de l'environnement. Le ciment et le sable sont deux matériaux qui ont une empreinte écologique non négligeable. De plus, il ne présente aucune solution de recyclage ce qui peut représenter un frein pour les concepteurs d'aujourd'hui. Il présente toutefois une facilité quant à la réhabilitation. Les poteaux et dalles sont porteurs ce qui permet d'avoir un plan et une façade totalement libre. La modification des espaces est donc rendue possible. Les frères Perret, tout au long de leur carrière ont construit leurs structures uniquement en béton armé. Or, ce matériau est relativement complexe et les connaissances mécaniques qu'on en a sont assez récentes. Ils ont réussi à jouer avec les différentes compositions du béton pour parvenir à générer des structures toujours plus spectaculaires. Les deux frères maîtrisaient le béton armé à la perfection, ils ont fait preuve de compétences dignes des plus grands ingénieurs de l'époque. Cette constatation renforce la valeur architecturale des immeubles de logement abordés dans le chapitre suivant.



### **III. Les immeubles de logement d'Auguste Perret**

Auguste Perret a beaucoup construit au cours du XXème siècle. Il a construit des lieux de culte, des bâtiments publics mais surtout des immeubles de logements. A la fois pour le grand public, parfois pour des municipalités et parfois pour des clients particuliers.

A partir de 1900 jusqu'à la fin des années cinquante, Auguste Perret a construit une quinzaine d'immeubles de logement. Ceux-ci sont situés majoritairement en Europe mais l'entreprise Perret a également beaucoup travaillé au moyen orient.

Nous allons décrire ici les points communs et les divergences entre les différents projets. Ensuite, nous identifierons les principales caractéristiques de l'œuvre d'Auguste Perret à travers le vingtième siècle. Ceci nous permettra de procéder à une analyse et une comparaison des immeubles de logement d'Auguste Perret.



*Figure 16 : immeuble de rapport de la rue Franklin*

## 1. Chronologie

### 1. 1. 1900 – 1926 : L'expérimentation

**L'immeuble de rapport de la rue Franklin**, construit à Paris entre 1903 et 1904 est le premier édifice de logement de l'entreprise Perret. Le principe de l'ossature en béton armé qui permet un plan totalement libre à l'intérieur est déjà mis en œuvre. Le simple fait de n'avoir que le béton comme matériau de construction est en soi révolutionnaire. L'ossature en béton armé n'apparaît pas clairement sur la façade. Un revêtement en céramique recouvre ces éléments. La disposition des céramiques et les dessins sont réfléchis pour établir une distinction entre ce qui est ossature ou remplissage. Les surfaces qui sont blanches et pleines sont de nature portante et les éléments recouverts de motifs fleuris sont les éléments secondaires. La hiérarchie de la structure est également représentée au travers des carreaux de céramique. Au fur et à mesure qu'on monte dans les étages, il y a de moins en moins de décoration. Ceci représente la dégradation de la fonction portante de la structure. Au dernier étage, il n'y a pas de céramique ni d'ornement quelconque. Auguste Perret expliquera une trentaine d'années plus tard, qu'à l'époque, ils pensaient encore qu'un revêtement était indispensable pour la bonne conservation des armatures<sup>13</sup>.

Au niveau de l'organisation intérieure, l'immeuble présente de nombreuses innovations. On observe un vide en façade. Ce vide permet à toutes les pièces de vie de s'ouvrir sur la rue et de bénéficier d'une belle lumière naturelle. Les pièces en enfilade, typique des appartements parisiens, présentent alors une originalité due aux ouvertures et à la configuration en arc de cercle. Les espaces de circulations se développent autour des pièces principales. Les proportions et les formes suivent l'organisation des pièces principales. L'immeuble est composé de dix étages et accueille au rez-de-chaussée, les bureaux de l'agence Perret frères. Auguste Perret vivra dans un des appartements avec sa famille durant quelques années. Il décrira que les vues sur la ville de Paris sont imprenables et que la qualité de vie au sein de l'immeuble est optimale.

---

<sup>13</sup> Fanelli, G. & Gargiani, R. (2019). Histoire de l'architecture moderne – Structures et revêtements. *Presses polytechniques et universitaire romandes*. [Format papier]



*Figure 17 : résidence-atelier Cassandre*



*Figure 18 : maison-atelier Chana Orloff*

**La résidence-atelier pour l'artiste Cassandre** construite à Versailles entre 1924 et 1925 est une autre œuvre caractéristique de cette période. Le style de cet édifice reflète la relation entre Auguste Perret et Le Corbusier. Cassandre s'était adressée au Corbusier dans un premier temps pour la conception de sa maison. On observe alors chez Perret une sorte de mimétisme du style du Corbusier. La maison est construite en ossature béton armé, comme toujours. Par contre, le béton est dissimulé sous un enduit blanc qui recouvre toutes les façades.

La façade se compose d'une surface assez lisse. Les ouvertures sont très larges et fonctionnent selon une trame. Les grandes bandes verticales continues entre ces fenêtres suggèrent la présence d'éléments porteurs. Elles donnent l'impression d'un ordre monumental. On retrouve aussi l'expression de la corniche qui est puissante et en saillie par rapport la façade. Le rapport au sol est également particulier. Les ouvertures vont jusqu'au sol et les parois aussi. Ce rapport donne l'impression d'un volume pur qui serait posé sur le sol. On retrouve ici une conception assez pure qui se rapproche fortement des idées du Corbusier. Cette œuvre est différente et se distingue fortement des autres édifices de logement d'Auguste Perret.

**La maison-atelier pour Chana Orloff** construite à Paris en 1926 représente la première expérimentation de la construction en ossature béton apparente pour une maison unifamiliale. Les ouvertures respectent toutes une trame carrée et sont composées de façon à former des fenêtres assez larges. La partie inférieure est vitrée sur deux niveaux et divisée en trois parties distinctes. Des montants en bois délimitent ces trois travées et sont surmontés par une large poutre en béton. La partie supérieure se caractérise par une façade en briques disposées en diagonale. Le motif créé par cette disposition accentue les contrastes de lumière. On retrouve deux grandes ouvertures carrées avec des encadrements en béton. La corniche trouve son expression, encore une fois, dans la monumentalité. Elle est très prononcée par rapport aux proportions de la façade.

Cette maison est caractéristique par l'expression des matériaux. La recherche relative aux textures et aux matériaux semble presque prendre le dessus par rapport au procédé constructif. Habituellement si cher à Auguste Perret, la structure en béton armé est ici un peu en retrait. Cet élément est caractéristique de cette première période de l'œuvre de Perret. Il trouvera son style et apprendra à mettre en place des principes de composition plus clairs dans les années qui suivent.

**Cette première période correspond à la phase d'expérimentation du classicisme structurel.** Auguste Perret va explorer le dualisme entre structure et remplissage. Ces deux éléments seront clairement distincts sur les façades. Les structures sont en béton armé mais elles sont encore parfois enduites ou recouvertes par de divers habillages. Les immeubles de logement construits durant cette période forment un ensemble hétéroclite. Auguste Perret n'a pas encore tout à fait trouvé son style. Il joue encore avec les différents matériaux, formes et techniques en ayant toutefois des principes de composition clairs.



*Figure 19 : immeuble de rapport de la rue Raynouard*

## 1. 2. 1927 – 1935 : L'expressivité des matériaux

**L'immeuble de rapport de la rue Raynouard** construit à Paris entre 1928 et 1930 représente une nouvelle rigueur dans l'œuvre d'Auguste Perret. Dans cet immeuble, contrairement à celui de la rue Franklin, tous les éléments de composition sont dictés par la trame de la structure. La façade est en béton et fait transparaître la structure en béton armé. Alors que les fenêtres horizontales étaient très à la mode pour l'époque, Auguste Perret, préfère le classicisme des fenêtres verticales. Les fenêtres sont donc verticales et leur hauteur correspond au vide entre les deux planchers. Entre ces fenêtres, des panneaux préfabriqués constituent le remplissage. Ces panneaux sont des triples parois qui se décomposent comme deux panneaux de carreaux de plâtre à l'intérieur et un panneau de béton armé à l'extérieur. La composition de la façade a pour but d'accentuer la verticalité continue des éléments porteurs. Le dessin de façade est symétrique, net et logique en rapport avec la structure.

Comme dans l'immeuble de rapport de la rue Franklin, le rez-de-chaussée était dédié aux bureaux de l'agence Perret frères. Auguste Perret habitait également l'un des appartements avec sa famille. Ils ont déménagé dans la rue Raynouard en 1932, dès la fin du chantier. Auguste Perret vivra dans cet appartement jusqu'à sa mort.

On retrouve encore une variété dans la structure qui se ramifie aux étages supérieurs. Les étages les plus hauts sont en retrait et permettent alors aux logements de bénéficier de terrasses. Bien que la façade semble très régulière, en réalité, des variations minimales et imperceptibles sont présentes dans la dimension des travées. Une partie de l'édifice est réalisée avec des planchers en porte à faux. Pourtant, elle apparaît comme si elle était portée par des éléments verticaux. Auguste Perret camoufle donc ce principe porteur de la structure. Autant de petits éléments qui permettent de se rendre compte que Auguste Perret ne maîtrise pas encore totalement toute l'ampleur des principes qu'il essaie de mettre en place.



*Figure 20 : villa Arakel Bey Nubar*



*Figure 21 : maison Dr Périgord*

**La villa Arakel Bey Nubar** construite à Garches en 1932, est une commande d'un ministre égyptien. On retrouve ici encore une fois une sorte de confrontation avec Le Corbusier qui avait construit une villa quelques années auparavant sur la parcelle voisine. Il va composer avec les éléments habituels. L'ossature est en béton armé et est présente en façade. Un léger relief met la structure en avant par rapport aux éléments secondaires. Les fenêtres sont verticales et de proportions assez grandes et leur hauteur va du sol au plafond. On retrouve également l'encadrement en béton autour des fenêtres. Les éléments de remplissages se distinguent de la structure en façade par l'expression du matériau, ils sont en briques. La composition de la façade est légèrement dissymétrique dans l'agencement des fenêtres. Les travées sont de largeur variable bien que la forme reste très rationnelle.

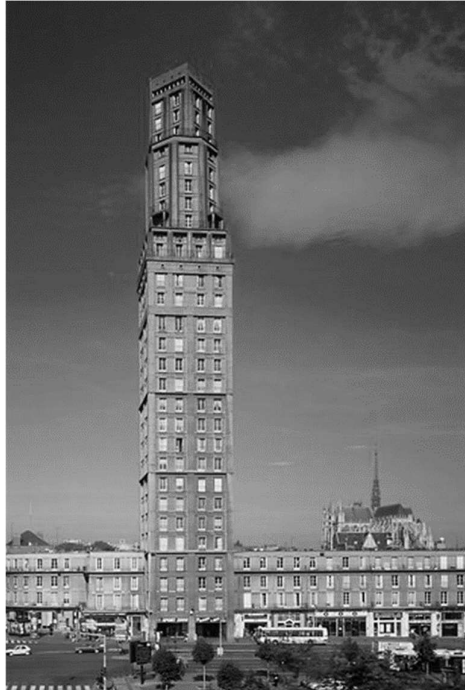
La villa répondait à un programme de logement mais surtout de réception pour des fêtes luxueuses. Le plan rectangulaire de large envergure permet de grandes pièces éclairées de lumière naturelle. Les espaces extérieurs, le jardin et la terrasse contribuent au luxe de la villa.

**La maison du Docteur Périgord** construite à Limoges en 1935 pour un médecin français. Il fait construire cette maison pour y habiter et y installer son cabinet au rez-de-chaussée. Cet hôtel particulier est construit en béton armé mais les angles sont en maçonnerie. Il est mitoyen des deux côtés et comporte trois niveaux.

La façade est divisée en six travées qui comprennent une ouverture à chaque niveau. Les fenêtres ont des dimensions différentes à chaque niveau et sont encadrées par des éléments en béton. Les poutres, éléments horizontaux sont exagérés dans leur expression en façade. Les fenêtres ont ainsi une hauteur qui correspond à la distance entre deux poutres à chaque niveau. Les éléments de remplissage sont aussi en béton, on suppose que les panneaux sont conçus comme pour l'immeuble de rapport de la rue Raynouard.

On retrouve encore le principe du toit terrasse qui est accessible. On retrouve également le caractère monumental de la corniche. Par contre, la verticalité n'est pas mise en avant dans cette composition de façade. On ne sait pas exactement où sont les poteaux porteurs en regardant la façade. Suite à la construction de cette maison, Auguste Perret sera totalement radical dans ses idées de composition. La structure sera clairement lisible de l'extérieur et plus rien ne sera laissé au hasard.

**Cette seconde période est une période intermédiaire au cours de laquelle Auguste Perret va développer les principes du classicisme structurel.** Les édifices construits durant cette période forment alors un ensemble plus cohérent. Les compositions ne sont pas encore ordonnées par des trames mais sont composées de travées qui se répètent. Les formes se précisent, la fenêtre par exemple trouve son caractère vertical. La structure en béton armé n'est plus dissimulée, les ornements et fantaisies se font très rares. Auguste Perret va plutôt se concentrer sur l'expressivité des matériaux et comment les combiner pour créer un ensemble logique.



*Figure 22 : tour Perret d'Amiens*



*Figure 23 : immeubles fondation Weill*

### 1. 3. 1936 – 1956 : L'aboutissement

**La tour de logement** construite à Amiens entre 1949 et 1952 est construite entièrement et exclusivement en béton armé. Amiens est détruite durant la seconde guerre mondiale et Auguste Perret est chargé de la reconstruction d'une section de la ville. La tour Perret est composée de vingt-six étages et est, à l'époque, le plus haut gratte-ciel d'Europe. La structure mise en place par Auguste Perret est strictement régulière et symétrique. Elle répond à une trame de 6,4 mètres entre les axes. On retrouve tous les éléments de l'architecture de Perret qu'on a pu citer auparavant. Les éléments porteurs verticaux sont visibles en façade et les poutres verticales sont distinguées également. Les fenêtres sont verticales et leur hauteur correspond à la distance entre deux planchers. On retrouve deux ouvertures par travées, schéma conceptuel qui se répète à chaque niveau. La corniche est accentuée et la composition générale est totalement symétrique.

La construction de la tour Perret est financée par des crédits publics. L'objectif, dès lors, n'est pas de construire des logements mais de prouver les capacités techniques du béton armé. Une fois que l'enveloppe et les sols sont achevés, la tour sera abandonnée pour être reprise seulement en 1959 par un autre architecte qui réaménagera les logements et les commercialisera.

**Les immeubles d'habitation de la Fondation Alexandre et Julie Weill** construit à Paris entre 1950 et 1954 sont un ensemble de logements sociaux. L'immeuble s'intègre parfaitement dans le tissu urbain. Il est mitoyen des deux côtés et respecte donc la hauteur de huit étages. Les éléments de composition sont semblables. La fenêtre verticale de plancher à plancher est mise en place tout comme son encadrement en béton. La structure en béton armé est apparente. On retrouve ici un remplissage et une finition extérieure en béton armé avec une alternance de carrés de couleur rosé et grisâtre. Le béton est traité afin de donner des contrastes de couleurs et de textures à la façade. Le dernier étage est en retrait pour donner accès au toit-terrasse. La composition est, encore une fois, tout à fait symétrique et la logique constructive est respectée.



*Figure 24 : Immeubles sans affectation individuelle au Havre*

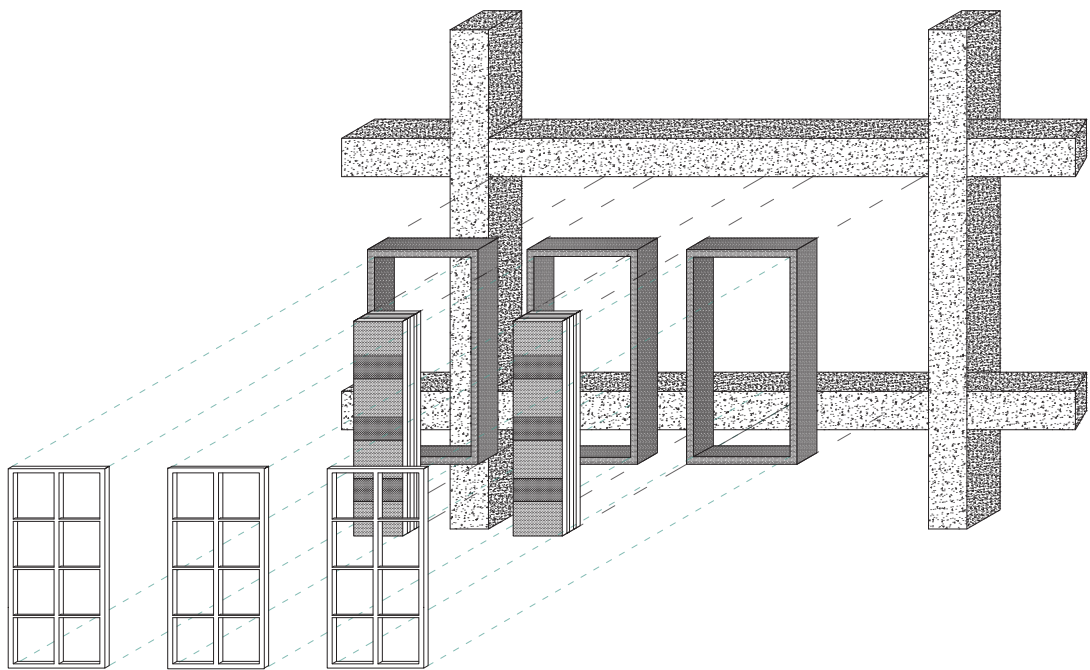
**Les immeubles sans affectation individuelle (« ISAI ») de la place de l'hôtel de ville** construits au Havre entre 1948 et 1956 sont l'ultime œuvre d'Auguste Perret. La Normandie est extrêmement touchée par les bombardements à la fin de la seconde guerre mondiale. Plus particulièrement Le Havre qui est totalement détruite. La ville est en ruine, irrécupérable. L'atelier Perret obtient la charge de la reconstruction de la ville. Ils vont mettre en place un master plan pour la reconstruction de tout le centre-ville. Nous allons nous concentrer ici sur les îlots sans affectation individuelle de la place de l'hôtel de ville. Ce sont les premiers îlots du master plan à avoir été construits. Ils sont donc le terrain d'expérimentation et le chantier test pour la construction des îlots restants.

Les ISAI sont construits selon une trame régulière et orthogonale de 6,24 mètres. On y retrouve un mélange de typologies, des tours, des barres et des rez-de-chaussée. L'entièreté de l'ensemble est construit en béton armé avec une structure apparente. Aucun ornement n'est présent sur les façades. D'un côté le style rationaliste d'Auguste Perret et de l'autre, l'urgence de la situation font que les îlots sont dépourvus de tout élément décoratif. La composition des façades est fidèle aux principes du classicisme structurel et aux autres immeubles de logement. Les travées sont toutes identiques et respectent la trame de 6,24 mètres. On retrouve deux ou trois ouvertures par travée. Les fenêtres occupent toute la hauteur résiduelle entre deux planchers et sont enchâssées dans un encadrement en béton armé. Les panneaux de remplissage sont identiques à ceux de l'immeuble de rapport de la rue Raynouard : deux parois de carreaux de plâtre à l'intérieur et une paroi de béton armé à l'extérieur. Les poteaux et les dalles, éléments porteurs, sont exprimés en façade par de grands éléments en béton plein. La hauteur du rez-de-chaussée est plus grande que celle des étages. Tous les rez-de-chaussée sont entièrement dédiés aux commerces alors que les étages sont uniquement réservés pour les logements. Les poteaux présents au rez-de-chaussée sont bouchardés et leur base est plus petite que leur sommet. La corniche, encore une fois, est assez remarquable dans la composition.

L'ossature en béton armé avec des poteaux supportant des dalles permet un plan libre. L'intérieur des îlots sont donc agencés en différentes typologies d'appartements. On retrouve des logements d'une à sept pièces. Ces logements s'organisent selon la trame et sont totalement modulables. Tous les étages sont organisés différemment mis à part les circulations verticales qui restent fixes. Tous les appartements sont traversants et bénéficient d'une double orientation. Les cuisines et séjours donnent sur l'intérieur de l'îlot et les chambres vers l'extérieur.

**Cette dernière période est celle où Auguste Perret perfectionne son style du classicisme structurel.** Il sera alors très rigide sur ses concepts et produira une architecture très radicale. Les façades sont symétriques et fonctionnent selon des trames précises. Plus aucune variation n'est tolérée. Auguste Perret va également travailler le béton sous différentes formes et textures. Les ensembles de logement construits durant cette période présentent tous les mêmes caractéristiques et se ressemblent dans ce sens.

**Le classicisme structurel trouve son expression la plus pure.**



*Axonométrie éclatée : principe constructif d'une facade type de l'architecture d'Auguste Perret*

## **2. Caractéristiques**

Les caractéristiques reprises ci-dessous sont celles qui reviennent systématiquement dans la composition de façade des immeubles de logement d'Auguste Perret. Ce sont les éléments qui font que son architecture est si emblématique et reconnaissable parmi d'autres. Par conséquent, il serait dommage de les compromettre au risque de dénaturer l'architecture et l'esthétique propre à Auguste Perret.

### **2.1. Ossature en béton armé apparente**

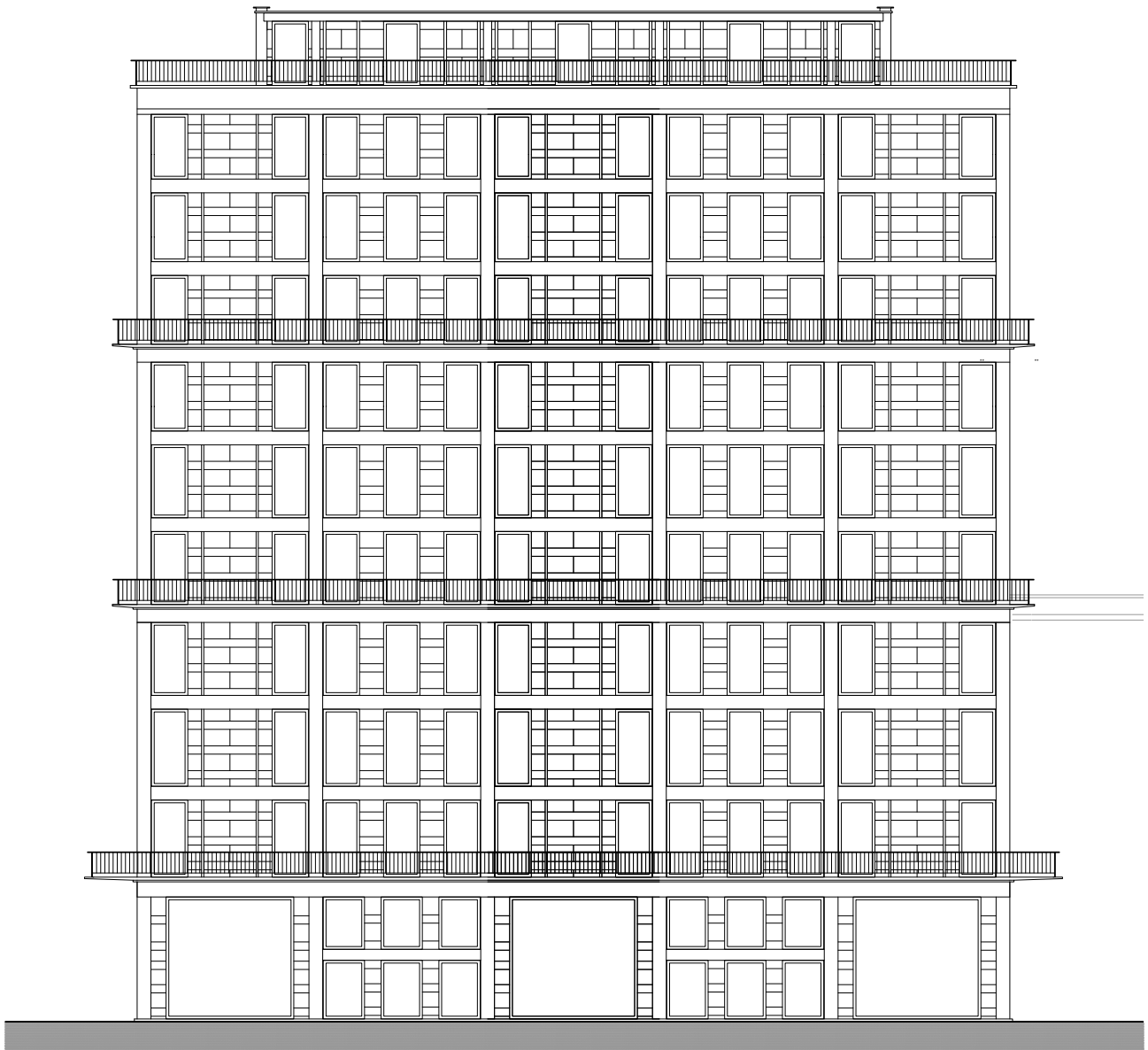
Dans l'ordre de la logique constructive, le premier élément de composition est la structure portante. Les poteaux sont représentés par les longs éléments verticaux en façade. Ils sont souvent continus pour donner systématiquement cette impression d'un ordre monumental. Les dalles, portées par ces poteaux, sont également représentés en façade par ces grandes bandes horizontales. Ces bandes représentent aussi les niveaux qui sont donc clairement exprimés également. Le système constructif le plus utilisé dans l'architecture de Perret est la structure poteaux-dalle mise en évidence par les concepts décrits ci-avant. La structure est mise à nu. Auguste Perret disait qu'il était pratique d'avoir la structure à portée de main si un jour, une intervention de restauration devait être entreprise. Aujourd'hui, l'accès direct aux matériaux portants est en effet un atout.

### **2.2. Fenêtres de plancher à plancher**

La hauteur des fenêtres est un élément qui est apparu dans les compositions de Perret relativement tôt. La qualité de la lumière et l'ambiance intérieure sont deux facteurs très importants de l'architecture de Perret. Les logements sont toujours réfléchis pour avoir une optimisation de la prise de lumière en façade. Que ce soit par un vide en façade, par des jeux de textures ou par des ouvertures traversantes, il parvient toujours à créer des espaces très lumineux. Cette caractéristique les rend agréables à vivre et leur offre un atout de grande valeur. Le plus souvent, les fenêtres ont toutes les mêmes dimensions et se répètent deux à trois fois par travée, peu importe l'organisation intérieure des logements.

### **2.3. Encadrement des fenêtres**

Les cadres de béton armé qui entourent les fenêtres sont également caractéristiques dans l'œuvre de Perret. Ils contribuent au relief de la façade et génèrent une esthétique particulière. On peut les considérer comme un des rares éléments de décoration. Bien qu'ils aient la fonction de faire le lien entre les panneaux de remplissage et les châssis, ils sont mis en valeur. Ils donnent à la façade un élément de composition qui donne un charme supplémentaire à une architecture relativement lisse et simple.



*Élévation d'une tour des I.S.A.I. au Havre où tous les principes de l'architecture d'Auguste Perret sont identifiables*

## 2. 4. Remplissage en panneaux préfabriqués

Les panneaux préfabriqués arrivent relativement tard dans la conception de Auguste Perret. C'est seulement dans les années trente qu'il les met en œuvre. Ils sont très innovants pour l'époque. Quand Auguste Perret les utilise dans la construction de l'immeuble de rapport de la rue Raynouard, les panneaux préfabriqués sont encore très rares en France. C'est seulement suite à la seconde guerre mondiale et à l'urgence de la reconstruction que l'architecture préfabriquée se développe. C'est au cours du chantier de la reconstruction au Havre que les panneaux préfabriqués sont le plus clairement mis en œuvre par l'architecte.

Les panneaux sont assemblés en atelier à l'horizontal puis sont ensuite relevés à la verticale pour constituer un élément de remplissage. Au Havre, c'est le procédé Camus qui est utilisé. Cette technique tient son nom de l'ingénieur Raymond Camus qui va développer la préfabrication en France<sup>14</sup>. La différence par rapport à toutes les autres techniques de préfabrication existantes réside dans la réflexion du bâtiment comme un ensemble. Tous les éléments sont préfabriqués, de l'enveloppe au plafond en passant par les planchers.

Les panneaux préfabriqués sont étudiés pour avoir une bonne performance. La préfabrication impose que leur géométrie soit très précise. Ils sont également performants sur le plan de l'isolation thermique et acoustique. Ils composent la finition extérieure et intérieure. Aucun autre composant ne sera rajouté. Ils se composent d'une paroi de sept centimètres de béton armé à l'extérieur qui sera visible en façade. On retrouve ensuite alternativement deux lames d'air de quatre centimètres et deux panneaux de carreaux de plâtre de six centimètres. Le plâtre constitue la finition extérieure qui sera visible dans les appartements. Les panneaux ont donc une épaisseur totale de vingt-sept centimètres et constituent une enveloppe assez performante pour l'époque. Ils sont surtout très rapides à mettre en place et permettent de construire des murs très rapidement.

## 2. 5. Corniche monumentale

Le rapport au ciel est une caractéristique fondamentale du classicisme structurel. Auguste Perret exagère en effet les proportions des corniches des édifices qu'il construit. Les corniches sont non seulement hautes, elles sont aussi souvent en saillie et parfois même décorées par des éléments en reliefs. Elles constituent sans aucun doute un élément de composition qui se démarque dans l'architecture d'Auguste Perret et représente un témoin de son admiration pour l'architecture classique.

---

<sup>14</sup> Delemontey, Y. (2007). Le béton assemblé : formes et figures de la préfabrication en France. *Histoire urbaine*, 20, 15-38. [consulté en ligne]

<b>Immeuble rue Franklin</b>	<b>Résidence Atelier Cassandra</b>	<b>Maison Atelier Chana Orloff</b>	<b>Immeuble rue Raynouard</b>	<b>Villa Arakel Bey Nubar</b>	<b>Maison du Docteur Périgord</b>	<b>Tour d'Amiens</b>	<b>Immeubles Fondation Weill</b>	<b>Immeuble SAI</b>
Composition symétrique	Composition aléatoire	Composition selon une trame	Composition selon une trame	Composition aléatoire	Composition selon une trame symétrique	Composition selon une trame symétrique	Composition selon une trame symétrique	Composition selon une trame symétrique
Hiérarchie entre structure et remplissage	Hiérarchie entre structure et remplissage	Hiérarchie entre structure et remplissage	Ossature béton apparente et remplissage	Ossature béton apparente et remplissage	Ossature béton apparente et remplissage	Ossature béton apparente et remplissage	Ossature béton apparente et remplissage	Ossature béton apparente et remplissage
○	○	○	Panneaux de remplissage préfabriqués	○	○	Panneaux de remplissage préfabriqués	Panneaux de remplissage préfabriqués	Panneaux de remplissage préfabriqués
Toiture terrasse accessible	○	○	Toiture terrasse accessible	○	○	Toiture terrasse accessible	Toiture terrasse accessible	Toiture terrasse accessible
Fenêtres : hauteur de plancher à plancher	Fenêtres : hauteur de plancher à plancher		Fenêtres : hauteur de plancher à plancher	Fenêtres : hauteur de plancher à plancher	Fenêtres : hauteur de plancher à plancher	Fenêtres : hauteur de plancher à plancher	Fenêtres : hauteur de plancher à plancher	Fenêtres : hauteur de plancher à plancher
○	○	Encadrement béton autour des baies	Encadrement béton autour des baies	Encadrement béton autour des baies	Encadrement béton autour des baies	Encadrement béton autour des baies	Encadrement béton autour des baies	Encadrement béton autour des baies
Corniche monumentale rapport au ciel	Corniche monumentale rapport au ciel	Corniche monumentale rapport au ciel	○	Corniche monumentale rapport au ciel	Corniche monumentale rapport au ciel	Corniche monumentale rapport au ciel	Corniche monumentale rapport au ciel	Corniche monumentale rapport au ciel

EXPERIMENTATION	EXPRESSIVITE DES MATERIAUX	ABOUTISSEMENT
-----------------	-------------------------------	---------------

### 3. Analyse et comparaisons

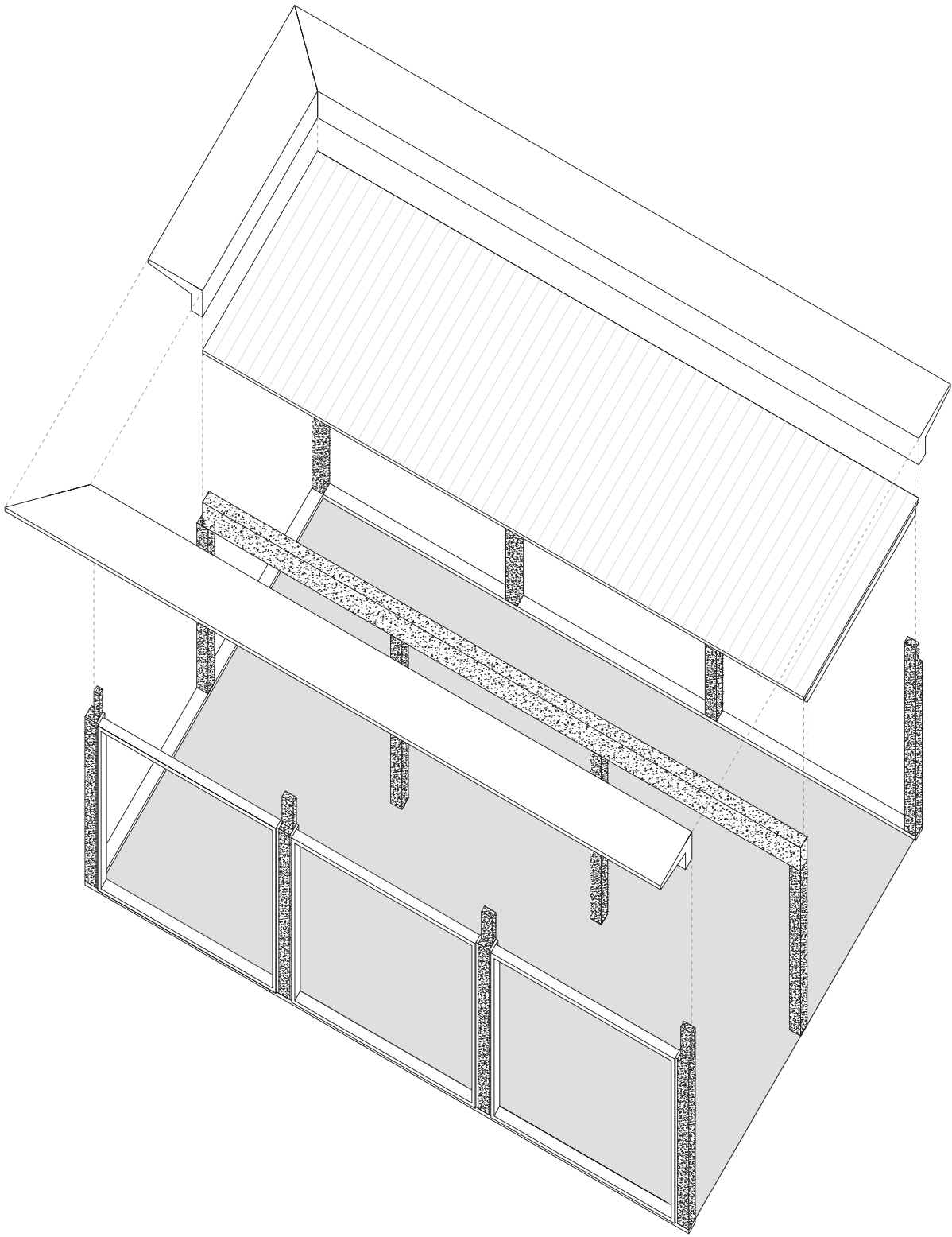
Nous allons maintenant procéder à une analyse comparative des neuf projets qui ont été décrits plus hauts. Il ne s'agit pas ici d'une liste exhaustive mais plutôt d'une sélection de projets caractéristiques. J'ai choisi d'analyser trois projets par période de l'œuvre de Perret afin de pouvoir constater cette évolution et comprendre comment il construit au fil des années.

Il existe trois grandes périodes dans l'œuvre de Perret. En effet, on peut observer dans le tableau qu'il met en place des principes de composition mais ne les exploite totalement qu'à la fin de sa carrière. On observe clairement la période d'expérimentation où seulement quelques caractéristiques sont présentes pour chacun des projets. Il y a une évolution lors de la deuxième période mais aucun des projets ne représente toutes les caractéristiques. C'est seulement à partir de la fin des années trente, qu'il rentre dans la phase où son style est abouti et qu'il a les moyens pour créer des projets entièrement fidèles à son style et à ses principes de composition.

Comme expliqué au début de ce chapitre, le béton armé était encore très peu mis en œuvre à l'époque. On pensait encore qu'un revêtement était nécessaire pour assurer une bonne conservation du matériau. C'est une des raisons pour lesquelles Auguste Perret, dans ses premières œuvres, n'assume pas totalement **l'ossature béton apparente**. On suppose aussi que bien qu'il ne se montre pas fragile, il suscite énormément de critiques et de mécontentement. Peut-être est-ce une autre raison qui explique qu'il met un peu de temps avant de complètement dénuder les ossatures en béton armé qui font tant parler de lui ? On observe qu'après avoir compris qu'il n'était pas nécessaire de les recouvrir, tous les projets présentent la caractéristique de l'ossature apparente. C'est probablement d'ailleurs l'élément qui constitue sa marque de fabrique.

Tous les architectes du mouvement moderne avaient la conviction que la fenêtre horizontale était optimale. C'est à partir de ce moment-là que les fenêtres bandeaux commencent à apparaître. Pourtant, Auguste Perret se démarque encore une fois et défend la **fenêtre verticale**. Il dit qu'elle représente l'échelle humaine, les proportions d'un homme debout. La fenêtre verticale reviendra dans la majorité de ses projets, presque l'entièreté.

La pièce d'**encadrement en béton** présente autour des fenêtres est une caractéristique qui revient presque toujours dans les projets sauf au début de l'expérimentation. Elle contribue aux jeux de relief qui renseignent sur la hiérarchie des éléments de composition. Souvent mise en avant par rapport au remplissage, c'est un élément qui s'affirme dans les dessins de façade.



*Axonométrie éclatée : principe constructif des I.S.A.I. au Havre*

Les éléments de remplissage sont dans la période d'expérimentation, rarement en béton armé. Auguste Perret utilise de la brique, de la céramique ou autre. C'est seulement un peu plus tard qu'il va commencer à utiliser la technique des **panneaux préfabriqués**. On peut observer que les panneaux préfabriqués sont mis en œuvre seulement sur les chantiers de plus grande envergure. Rarement utilisés pour les maisons, il les utilise toujours par contre dans la construction d'immeubles à appartements. Rappelons que cette technique de construction est très novatrice pour l'époque et qu'Auguste Perret est un précurseur dans ce domaine.

La mise en avant et en valeur de la **corniche** est le dernier élément qu'on peut identifier clairement dans la composition de façade d'Auguste Perret. Elle fait le lien entre le bâtiment et le ciel et souligne ce rapport. La corniche est toujours mise en valeur dans les habitations individuelles. Lorsqu'il construit des immeubles, Perret a tendance à mettre le dernier étage en retrait afin de créer un accès aux terrasses. L'élément de la corniche est alors moins mis en avant voire pas du tout. Le seul ensemble d'immeubles où la corniche trouve une importance et une expression particulière est celui des ISAI au Havre.

On peut conclure en disant que les deux derniers projets réalisés par Auguste Perret qui sont la tour à Amiens et les ISAI au Havre sont clairement l'illustration de l'architecture de Perret. Ils sont les deux seuls projets à reprendre l'entièreté des caractéristiques emblématiques. On observe que dans la période d'aboutissement, qui marque la fin de la vie de l'architecte, ces deux projets sont vraiment les plus complets.

Au Havre et à Amiens il s'agit de deux ensembles qui s'inscrivent dans un contexte de reconstruction. Peut-être que le fait de n'avoir aucun contexte auquel se rattacher permettait justement la liberté de mettre en œuvre des édifices totalement fidèles au style de Perret. Auguste Perret a travaillé au sein d'un atelier pour les deux projets également. La collaboration avec une équipe d'architecte l'a sûrement aidé à pousser ses réflexions plus loin. Il a ainsi pu construire deux ensembles cohérents et très intéressants pour le monde moderne.

1900 1910 1920

EXPERIMENTATION



Immeuble rue Franklin,  
Paris 1903 - 1904



Résidence et Atelier  
Cassandre, Versailles  
1924-1925



Maison-Atelier Chana  
Orloff, Paris 1926

1930

EXPRESSIVITE DES MATERIAUX



Immeuble rue Raynouard,  
Paris 1928 - 1930



Villa Arakel Bey Nubar,  
Garches 1932



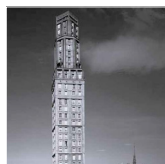
Maison du Docteur  
Périgord, Limoges 1935

1940

1950

1960

ABOUTISSEMENT



Tour de logement,  
Amiens 1949 - 1952



Immeubles Fondation  
Weill, Paris, 1950 - 1954



Immeuble SAI , Le Havre,  
1946 - 1956

#### 4. Synthèse

Auguste Perret a construit de nombreux bâtiments d'habitation au cours de sa carrière. Il construisait toujours selon les principes du classicisme structurel. Toutefois, on observe qu'il se montre plutôt timide quand il construit ses premiers immeubles.

Son travail est d'abord une sorte de phase d'expérimentation de son style. Il recouvre encore le béton armé et joue avec différents matériaux tout en gardant son idée d'exprimer la différence entre structure et ossature.

Ensuite, il s'affirme un peu et commence à mettre en place de réels principes de compositions. Il s'approprie les matériaux et explore les différentes manières d'exprimer les contrastes de textures et de couleurs.

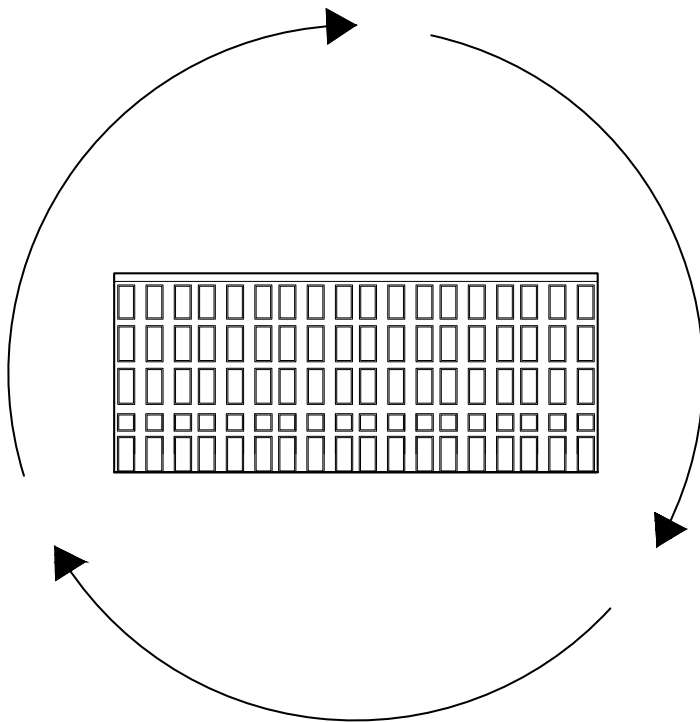
Enfin, dans la dernière partie de sa vie, il va tout à fait assumer son style et les éléments de compositions qu'il a développés seront alors très clairement mis en œuvre. Cette dernière partie de son œuvre donne lieu à des projets assez radicaux.

Il compose toujours avec les mêmes éléments, comme des notes de musique et pourtant, chaque édifice est unique.

Afin de procéder à une analyse correcte de ces trois phases et de l'évolution de l'œuvre de Perret dans son entièreté, trois projets par phases ont été sélectionnés. Lorsqu'on compare ces édifices, on peut clairement identifier les trois périodes de la carrière de Perret. Les caractéristiques de l'architecture de Perret ressortent alors clairement et l'évolution de ses réflexions également.

Ces éléments de compositions sont clairement identifiables. Dans un premier temps, il construit toujours avec une ossature en béton armé qu'il laisse apparente en façade. Bien qu'assez timide dans les premiers projets, cette caractéristique est celle qui saute aux yeux et qui correspond le mieux à l'architecte. Il installe toujours des fenêtres relativement verticales et autour des fenêtres, on retrouve un cadre en béton armé. Entre ces éléments d'ouverture, les remplissages se font le plus souvent à l'aide de panneaux préfabriqués qui ne nécessitent aucune finition supplémentaire. Ils constituent l'enveloppe entièrement.

Pour couronner ces façades si précisément composées, une corniche se dresse au-dessus du bâtiment. Celle-ci sera souvent assez haute et en saillie du bâtiment. Le rapport au ciel est important pour Perret et il veillera à le souligner à l'aide de ces corniches monumentales. Ces caractéristiques et principes de compositions sont tout autant d'éléments qu'il est impératif de conserver. Ils sont représentatifs de l'œuvre de l'architecte et de la valeur architecturale des édifices. Par la suite, il nous sera indispensable de comprendre comment Perret construit et les éléments qui sont fondamentalement importants à ses yeux.



#### **IV. La réhabilitation des immeubles**

Maintenant que nous avons compris les tenants et aboutissants de l'architecture d'Auguste Perret, nous allons pouvoir passer à des cas concrets. Notre objectif dans cette recherche est de comprendre comment il est possible de réhabiliter ces bâtiments d'habitation sans les dénaturer. Deux grandes sous-questions se posent : comment restaurer les façades et retravailler l'enveloppe du bâtiment pour qu'il soit performant d'un point de vue technique et comment réadapter les logements et les alentours pour que le bâtiment soit en adéquation avec nos modes de vie contemporains.

Plusieurs bâtiments construits par Auguste Perret ou ses disciples ont déjà fait l'objet de travaux ou d'études qui abordent des thématiques similaires. Nous allons donc nous pencher sur ces cas afin de les étudier et en tirer les conclusions qui nous aideront pour appliquer cette réhabilitation aux bâtiments de logement.



*Figure 25 : Tour Perret à Grenoble*

## 1. Etude de cas

Les trois projets présentés dans ce chapitre sont trois bâtiments construits selon l'architecture d'Auguste Perret qui ont fait l'objet de restaurations. Les deux premiers sont construits par Perret et le dernier est construit par Denis Honegger, un élève de Perret et qui suit les principes du classicisme structurel. Il ne s'agit pas d'immeubles de logement dans les deux premiers cas. Ces projets de rénovation ont été étudiés dans l'optique de comprendre la méthodologie utilisée. En ce qui concerne les structures, Auguste Perret avait un style et une manière de construire qui s'appliquait à tous ses projets peu importe le programme demandé. Il est donc tout à fait possible d'analyser les projets de restauration ci-dessous et de transposer les enseignements sur les immeubles de logement.

### 1.1. La tour Perret à Grenoble

La Tour Perret a été construite par les frères Perret à Grenoble en 1924 dans l'objectif de l'inaugurer à l'exposition universelle de la Houille blanche en 1925. Cette tour avait comme ambition de servir de point d'observation et s'élève à nonante mètres de hauteur. On accède au point de vue grâce à un escalier en colimaçon ou par l'ascenseur. La tour est conçue entièrement en béton armé laissé apparent et selon un plan octogonal de huit mètres de diamètre. Le remplissage est constitué de claustras, ensembles préfabriqués puis montés sur chantier.

Malheureusement la tour est fermée au public depuis les années soixante pour des raisons de sécurité. C'est seulement en 2019 que la ville de Grenoble a finalement désigné un architecte pour prendre en main la restauration de la tour. Il s'agit de François Botton, architecte en chef des monuments historiques. Une équipe a bien sûr été désignée également pour l'accompagner dans sa tâche. Cette équipe est composée de bureaux d'études techniques, laboratoires ou encore une agence d'archivage.

La première étape consiste à réaliser une étude spécialisée afin de déterminer l'état des bétons. La tour a été construite il y a une centaine d'années. Elle constitue donc un défi pour l'équipe qui y travaille. Avant toute prise de décision, il faut comprendre quels sont les problèmes et les postes où il est le plus urgent d'intervenir afin d'établir un programme et un ordre de priorités. Le plus urgent est de renforcer les fondations et la structure primaire du bâtiment. La tour tient sur septante-deux pieux de quinze mètres de profondeur. Ceux-ci doivent être consolidés afin d'assurer à l'édifice une base solide qui puisse reprendre les surcharges de la restauration. Ensuite, un travail sur les piliers de la tour doit être effectué. La structure comprend huit piliers monumentaux dont la hauteur correspond à celle de la tour. Pour restaurer les piliers en béton, une technique assez délicate a été mise en place. La structure de la tour sera consolidée de l'intérieur afin de pouvoir intervenir sur les piliers. Après avoir identifié les parties des armatures touchées par des dégradations, le béton qui les recouvre sera enlevé.

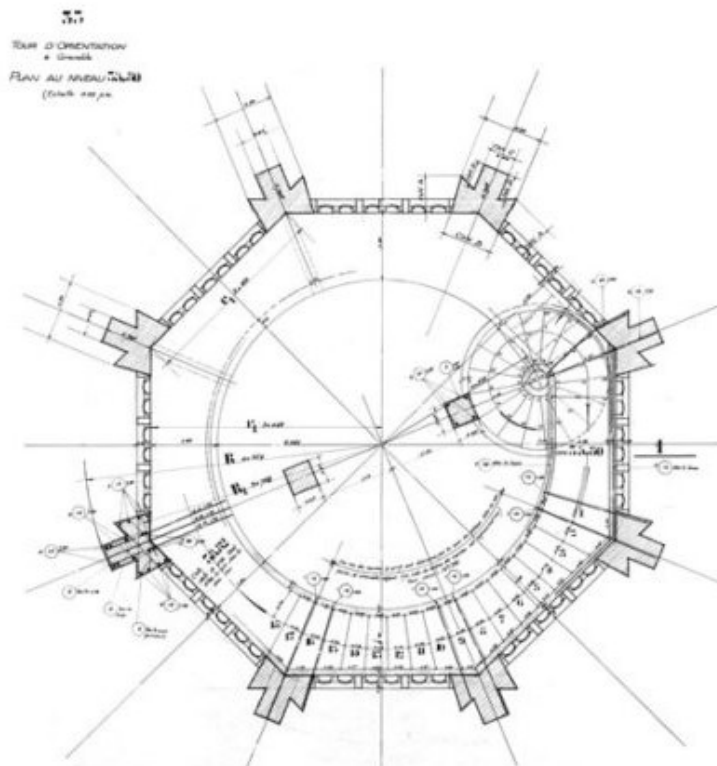
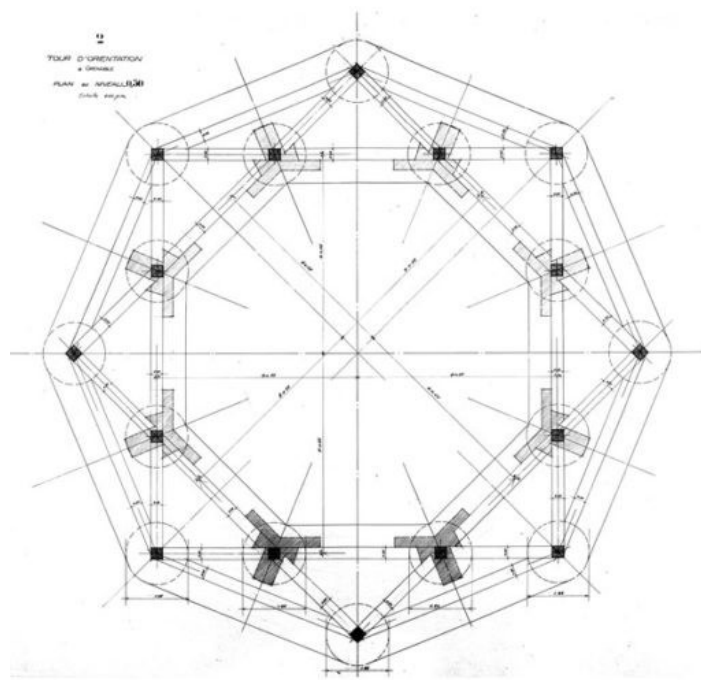


Figure 26 : plan de la tour Perret à Grenoble

Les armatures endommagées seront alors remplacées et un nouveau béton sera coulé par-dessus. Cette intervention est très délicate mais elle permet de restaurer à l'identique, avec les mêmes proportions.

Après avoir réparé les parties endommagées, une fine couche de béton projetée constituera la finition extérieure. Cette technique permet d'imiter les marques du coffrage qui existaient à l'origine. La composition du béton utilisé pour restaurer cet édifice est également précisément étudiée. Les granulats du béton doivent correspondre à certains critères afin de respecter l'esthétique de Perret.

Au niveau des intérieurs, les ascenseurs et les menuiseries doivent aussi faire l'objet d'une remise en état. Le principe des ascenseurs ouverts qui avait été imaginé par Perret sera maintenu afin que l'utilisateur puisse observer le bâtiment. La machinerie sera renouvelée et installée dans les sous-sols. Tous les éléments d'origine qui peuvent être conservés seront réutilisés. Certains doivent être remis aux normes de sécurité actuelles comme les garde-corps. Ceux-ci seront donc modifiés dans le respect de leur valeur.

En 2020, un chantier test a été lancé afin de vérifier si les techniques envisagées par François Botton et son équipe étaient réalistes. Plusieurs techniques ont été entreprises sur des petites parties de l'édifice et les résultats étaient bons. Les techniques fonctionnent. Un cahier des charges précis a donc été établi. Il reprend tous les postes du chantier et comment ils seront effectués.

Depuis 2021, aucune entreprise ne s'est portée candidate pour réaliser les travaux qui sont donc reportés. François Botton déclare que c'est assez frustrant. Son travail, reste vain tant qu'aucune entreprise ne se lance dans la réalisation de ce qu'il a prévu. La ville de Grenoble est encore aujourd'hui à la recherche de fonds pour réaliser ce projet.

La tour Perret située à Grenoble n'est pas un édifice de logement. Toutefois, on peut retenir une série d'éléments qui peuvent être appliqués à n'importe quel bâtiment construit par Auguste Perret. Nous retiendrons pour ce cas d'étude :

- La méthodologie de restauration globale
- La phase d'analyse préliminaire indispensable à la bonne compréhension du bâtiment
- Les techniques de renforcement des fondations
- Les techniques de restauration des bétons
- La réflexion sur la remise en état des menuiseries et accès à l'intérieur de la tour



*Figure 27 : restaurant du CEA de Saclay*

## 1. 2. Le restaurant du Centre d'études nucléaires (CEA) de Saclay

C'est en 1948, qu'Auguste Perret est contacté pour la construction d'un nouveau centre de recherche dans la périphérie de Paris à Saclay. Perret décide de prendre la charge du projet et réalise un ensemble cohérent d'un point de vue urbain et esthétique, comme à son habitude. Le centre de recherche se compose donc de plusieurs îlots d'environ deux-cent mètres de large. Les façades sont rythmées par des montants en béton brut et des panneaux préfabriqués en béton un peu rosé. L'ensemble est achevé en 1952, seulement deux ans avant la mort de l'architecte.

Le restaurant du CEA de Saclay a fait l'objet d'une réhabilitation. En 2011, un projet a été lancé pour retravailler cet espace au niveau de ses performances, du respect des normes notamment en termes de confort. L'architecte en charge du projet est Olivier Delaittre.

Le restaurant est un volume finalement assez simple. La structure de la salle à manger est composée de portiques en béton armé qui supportent des poutres. Un cadre en béton armé est installé par l'intérieur afin de souligner chaque travée. Ces cadres constituent l'ossature secondaire. Ils sont tantôt fermés par des panneaux de remplissage tantôt par de larges baies à guillottes. Pour le plafond de la salle à manger, Perret met en place une structure métallique qui accueille des carreaux de verre.

Un espace distinct pour la cuisine vient se rattacher à la salle à manger. La cuisine est éclairée par un lanterneau central qui offre une prise de lumière naturelle. En dessous du lanterneau, à l'intérieur, une grande hotte, surmonte la cuisine.

Au cours des soixante années de vie de l'ensemble, certaines modifications ont été entreprises au sein du bâtiment. L'ouverture centrale de la cuisine avait été entravée par l'installation d'un faux plafond qui avait pour rôle d'améliorer l'acoustique. Une extension a été installée dans les années nonante pour y transférer la cuisine. Cette extension a été réalisée avec une ossature et un bardage métallique. L'organisation spatiale avait également été modifiée et le bâtiment ne comprenait plus les qualités qu'il avait à l'origine. Une décision est alors tombée, en 2011, de rénover le restaurant. L'objectif était de trouver un équilibre entre réhabilitation (usages, normes, performances) et restauration (valeurs architecturales et patrimoniales).

L'objectif du projet de réhabilitation était non seulement de conserver l'architecture d'Auguste Perret et de la remettre en valeur, mais aussi de repenser les espaces afin de recréer une circulation fonctionnelle efficace. L'extension de la cuisine sera conservée et l'équipe d'architectes aura aussi comme ambition d'augmenter la capacité d'accueil du restaurant en réorganisant les différents espaces. On retrouve donc trois objectifs principaux qui sont la réorganisation intérieure, retrouver les qualités originales du bâtiment et y intégrer les équipements nécessaires à la modernisation du restaurant.



*Figure 28 : intérieur du restaurant du CEA à Saclay (rénové)*

La structure, à l'intérieur avait été recouverte d'un enduit qui contenait une grande quantité d'amiante. De nombreux tests ont été réalisés par des spécialistes pour analyser s'il était possible de leur rendre leur aspect d'origine. Finalement, tous les ouvrages en béton armé ont été restaurés. Certains éléments de remplissage ont été démontés, restaurés puis remis en place. Pour ce qui est de la structure primaire, ils ont été repris directement sur site. Le béton mis en œuvre a une composition très précise qui se rapproche de celui qu'Auguste Perret a utilisé à la construction. Ceci a été possible grâce à une analyse de documents historiques retrouvés dans les archives.

Au niveau de l'aménagement intérieur, l'ancienne cuisine servira dorénavant de hall d'accueil pour les usagers. Le lanterneau sera dénudé, nettoyé et restauré avec du béton de qualité similaire à celui de 1950. Des systèmes de ventilation ont été installés autour du dôme, dissimulés dans des coffrages. La salle à manger a également été dénudée de tous les ajouts qu'elle avait accumulés au fil du temps. Le plafond de verre d'origine a également été retiré afin de redonner un nouveau volume à cet espace. La salle à manger est dotée d'une hauteur plus grande et la structure en béton armé est mieux mise en valeur. Des fines nappes de lame de bois sont installées sur les plafonds afin de soigner l'acoustique.

Pour les équipements techniques, il serait dommage de les intégrer dans le volume principal. Ils ont donc été installés au sous-sol. On y retrouve les centrales et les gaines de ventilation double-flux. Des locaux techniques sont également installés en terrasse. Le bardage de la cuisine des années nonante en métal a été remplacé par un bardage bois. Les planches de bois massif sont de couleurs variantes mais assez foncées. Ce parement remonte plus haut que la hauteur du bâtiment afin de masquer d'autres équipements techniques.

Le mobilier et les luminaires rajoutés à la composition d'origine sont choisis avec soin. Ils sont toujours de forme simple et de couleur neutre afin de ne pas dénaturer le lieu. Les matériaux sont assez lisses pour le mobilier. Pour les luminaires, des cylindres en verre soufflé et des projecteurs à leds sont installés pour se conformer aux normes d'éclairage.

Ce deuxième cas d'étude ne concerne pas non plus un bâtiment de logement. Il est par contre complémentaire au premier car il apporte de nouvelles informations quant aux possibilités de réhabilitation d'un patrimoine ancien. Nous retiendrons de ce cas d'étude :

- La volonté de rendre au bâtiment son aspect d'origine
- Les techniques de restauration des éléments en béton : sur site pour les éléments de structure et en atelier suite à un démontage pour les éléments de remplissage
- La réflexion sur la circulation et l'aménagement des différents espaces
- La mise en place de nouvelles techniques dissimulées



*Figure 29 : façade d'une barre de l'ensemble de Denis Honegger*

### 1. 3. Les immeubles de logement de Denis Honegger

Cette troisième et dernière étude de cas repose sur un ensemble de logements construit par Denis Honegger entre 1955 et 1958 à Paris. Il est architecte, élève de Perret et adepte du classicisme structurel. Quelques années plus tard, il sera son collaborateur puis travaillera avec Perret dans son agence, dans l'immeuble de la rue Raynouard. Il lance ensuite sa propre agence mais sera toujours un fidèle ami d'Auguste Perret. On retrouve dans son architecture des caractéristiques très similaires à celles que Perret utilise. On pourrait presque les confondre.

C'est en 2016 qu'une agence d'architectes français remporte l'appel d'offre pour la réhabilitation d'un ensemble de 424 logements. Il s'agit de Patrick de Jean et Jérôme Marin Architectes. L'ensemble du site est à retravailler. Il est constitué de trois tours et de quatre barres de plusieurs étages et l'objectif ultime est d'améliorer les performances thermiques. Un travail sur les abords et les logements devra aussi entrer en compte. Il s'agit donc d'un projet de grande ampleur avec de nombreux enjeux.

Les bâtiments sont construits selon le style du classicisme structurel. On retrouve une ossature en béton armé apparente constituée de poteaux et de dalles. Les fenêtres sont encadrées par des éléments en béton armé également. Les parois sont en panneaux préfabriqués avec une finition extérieure en béton gravillonné. La corniche est identifiable ainsi que le soubassement. On identifie aussi un travail de claustras dans les espaces de circulation afin d'y soigner la prise de lumière naturelle.

Durant la phase d'étude, les architectes ont analysé comment les façades étaient construites. Ils ont réfléchi à plusieurs solutions d'intervention. Les immeubles étant toujours habités, il était très délicat de procéder à une isolation par l'intérieur. D'autre part, la façade présente une valeur architecturale assez importante ce qui rend l'isolation par l'extérieur assez difficile. Les architectes se sont longuement concertés. Ils ont travaillé en association avec les résidents du site pour réfléchir aux meilleures solutions.

La décision finale a été d'injecter de l'isolant en billes de polystyrène latéralement dans la lame d'air présente entre le béton et le parpaing dans les panneaux préfabriqués. Ainsi, les ouvriers ne doivent pas rentrer dans les logements et la répartition de l'isolant est homogène. Il reste encore des ponts thermiques au niveau du sol et du plafond qui sont gérés par des plinthes et corniches isolantes qui assurent une continuité thermique. Une isolation par l'extérieur est toutefois mise en œuvre pour les loggias et toitures. Les châssis sont remplacés par des profils un peu plus épais en bois de pin mais restent des châssis en bois, matériau d'origine. Certains pignons aveugles avaient déjà subi des modifications. Une autre stratégie d'isolation est alors utilisée. Ces pignons sont isolés par l'extérieur. Une finition extérieure en fibre de bois imitant le dessin d'origine y est installée

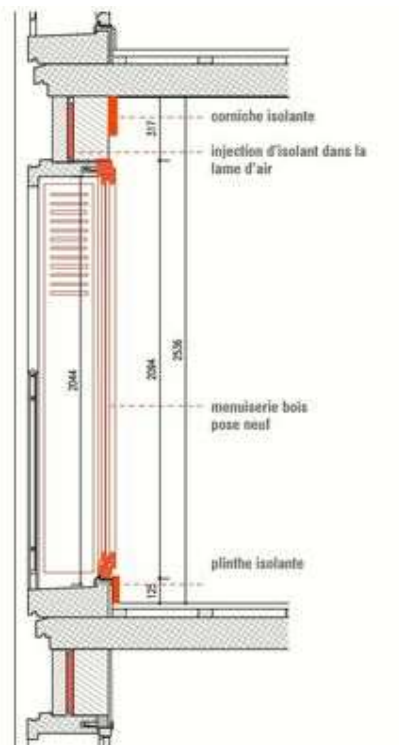


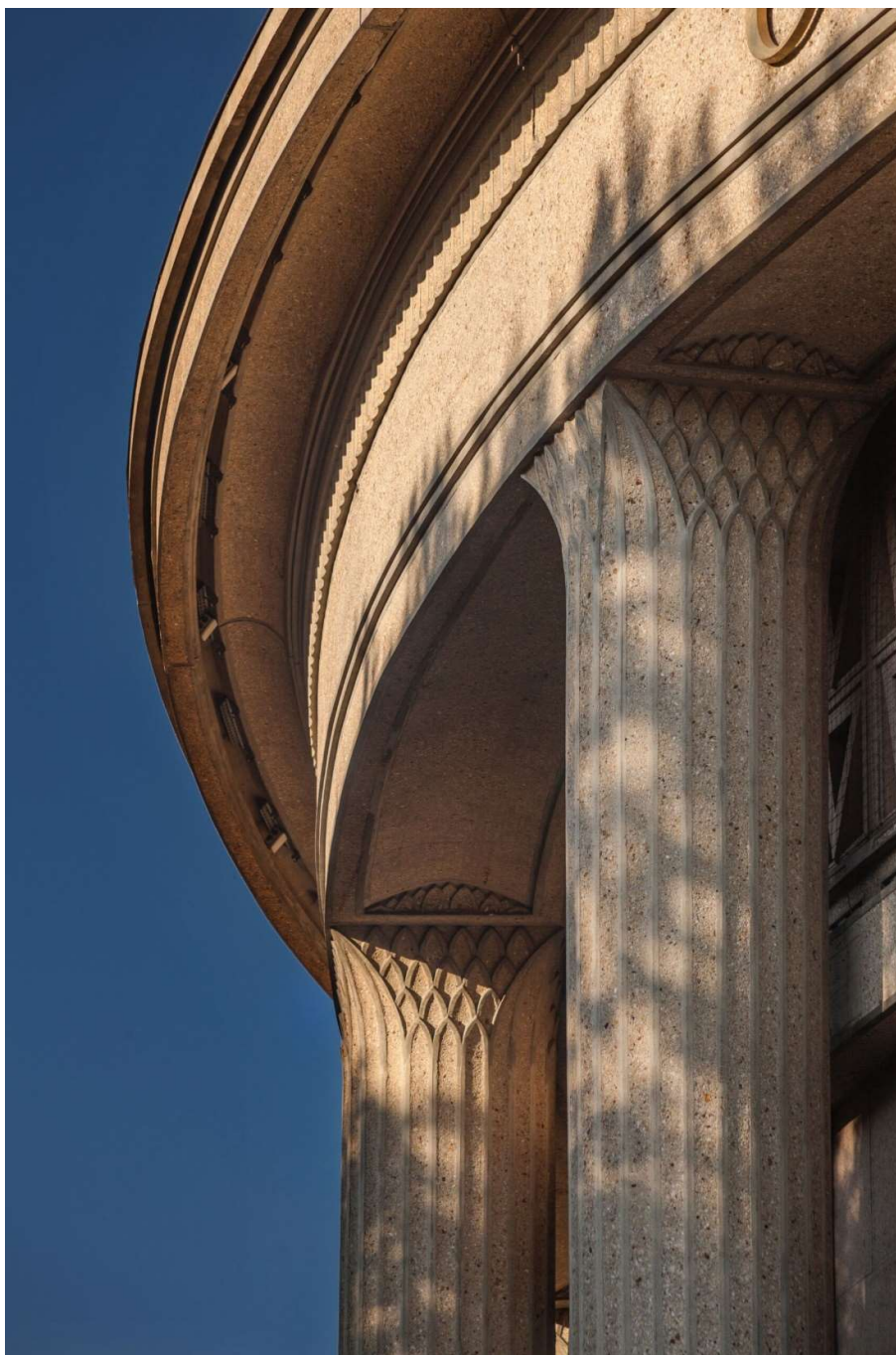
Figure 30 : coupe technique principe constructif

Au niveau des protections solaires, elles avaient disparu au fil du temps et n'étaient plus présentes. Toutefois, elles sont indispensables suite à l'isolation de la façade. Des dispositifs proches de ceux présents à l'origine ont alors été installés. Des persiennes métalliques pour les pièces principales et des stores extérieurs de couleur jaune orangé pour les pièces humides.

Le terrain présente une pente. Plusieurs niveaux avaient donc été mis en place. Ces niveaux rendaient l'accès aux appartements difficile pour les personnes à mobilité réduite. Un travail de nivellement du terrain permet de résoudre cette problématique. Tous les halls sont désormais accessibles aux personnes à mobilité réduite. Ce travail de terrain permet aussi de minimiser les surfaces minéralisées et de mettre en valeur la végétation du site. Des locaux de rangement pour les vélos ont été mis en place ainsi que des locaux pour les ordures qui sont dissimulés au sein du site.

Ce dernier cas d'étude concerne un ensemble de logements. Il n'a pas été construit par Auguste Perret mais présente les mêmes caractéristiques. La réhabilitation qui a été entreprise pourrait donc trouver des éléments de similitudes avec un ensemble de logement de Perret. Nous retiendrons notamment :

- Les techniques d'isolations : par les lames d'air, avec des plinthes et corniches isolantes
- L'isolation par l'extérieur des toitures et murs aveugles
- Le remplacement des châssis par des profilés similaires à ceux d'origine
- La mise en place de protections solaires similaires à celles d'origine
- La réflexion sur les accès et la végétalisation du site



*Figure 31 : colonnes du Palais d'Iéna restauré par Pierrenoël*

## 2. Enseignements

Suite aux études de cas, certains enseignements peuvent être tirés quant à la réhabilitation de bâtiments d'habitation à valeur patrimoniale de style classicisme structurel. On retire trois grands axes de modification suite à l'analyse de cas. Les groupes d'architectes et bureaux interviennent sur la façade et la restauration des matériaux. Ils travaillent aussi les techniques et les performances de l'enveloppe. Le dernier point est celui du réaménagement de l'organisation intérieure et extérieure compte tenu du travail sur les modes de vie.

### 2.1. Restauration des matériaux

Pour la restauration des matériaux à la fois en façade et pour la structure, le processus est assez délicat. Les matériaux mis en œuvre par Auguste Perret sont très précisément composés. Il construit en béton armé mais il ajoute certains composants dans le ciment ou les granulats qui lui donnent des couleurs ou des textures spécifiques.

Afin de restaurer convenablement les matériaux, il faut donc dans un premier temps étudier la composition exacte et le traitement utilisé à l'origine. Dans toutes les restaurations qui ont déjà eu lieu, une étude très précise est menée par des spécialistes. Par exemple, Pierrenoël est une entreprise spécialiste des matériaux anciens et notamment du béton ancien. Elle a participé à la restauration du Palais d'Iéna, qui n'est pas repris dans les cas d'étude mais qui a fait l'objet d'une restauration splendide en façade. Le souci du détail est une qualité importante pour cette étape d'une réhabilitation. Auguste Perret accordait un tel soin à chaque ouvrage. Si notre objectif est de restaurer une façade avec ses qualités d'origine, le même soin doit être conservé.

Pour ce qui est de la structure et de la gestion de la corrosion des armatures et de la carbonatation du béton, les deux problématiques les plus courantes, il faut être délicat aussi. Les proportions et les sections structurelles en béton armé mises en place par Perret sont tout aussi précises que le choix des matériaux. Afin de respecter les proportions, la meilleure option est en effet de retirer le béton endommagé, remplacer les armatures et recouler un enrobage en béton par-dessus. Cette opération est délicate presque dangereuse si elle est mal entreprise. Il faut veiller à ce que la structure soit prête à tenir le temps des modifications. Le processus est assez lent car il faut intervenir sur des petites parties. Il faut donc être patient et extrêmement rigoureux.

Dans certains cas, les fondations doivent être renforcées avant de pouvoir procéder à la restauration. Dans d'autres cas, la structure doit être fortifiée avant qu'on puisse enlever une petite section. Parfois, les deux scénarios se combinent et il faut fortifier la structure et les fondations, comme dans le cas de la tour Perret à Grenoble. L'entreprise en charge de ce poste doit se montrer très attentive et surtout avoir une connaissance de la structure sans faille pour pouvoir intervenir.

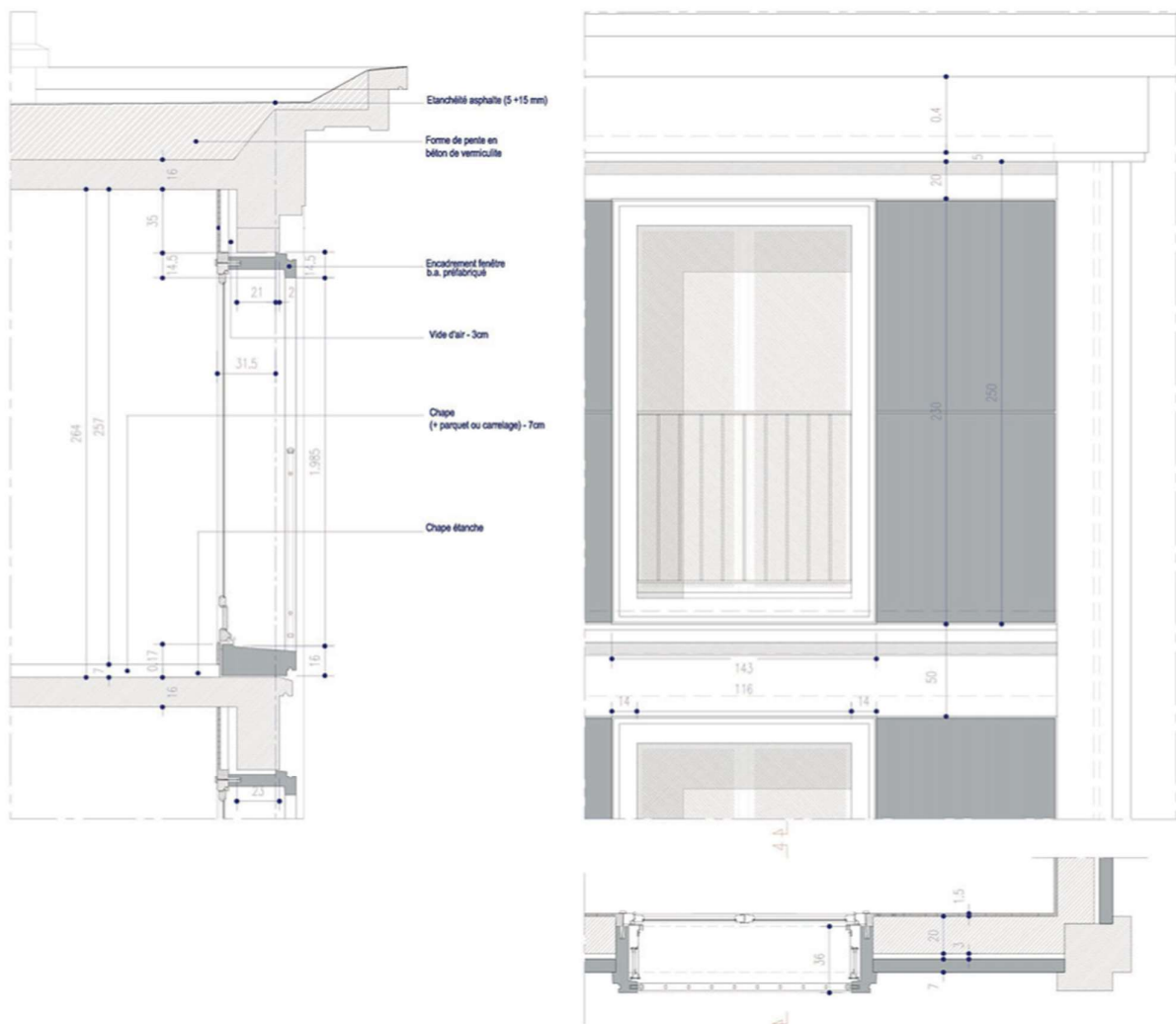


Figure 32 : principe constructif des façades de l'ensemble de Denis Honegger

## 2. 2. Réhabilitation technique

La réhabilitation technique nécessite également une phase d'analyse précise afin de comprendre comment le bâtiment est construit. La compréhension des détails techniques et de leur conception exacte permet de trouver les failles et les solutions pour les combler.

Le premier grand point est l'isolation thermique. Auguste Perret avait une conception assez juste et innovante pour les années cinquante. Les performances énergétiques de ses bâtiments étaient assez bonnes pour l'époque. Toutefois, elles ne sont plus acceptables aujourd'hui. La mise en œuvre de panneaux préfabriqués et la manière dont il construit par étapes, toujours identiques, est un avantage. Les éléments préfabriqués sont plus faciles à démonter que des parois standards. Les panneaux qu'il met en place sont, la plupart du temps, composés de lames d'air. Ceci constitue également une opportunité quant à l'isolation des parois. Comme les architectes l'expliquaient pour le projet de réhabilitation des immeubles de logement de Denis Honegger, l'isolation par l'intérieur est compliquée à mettre en place pour les immeubles encore habités. L'isolation par l'extérieur ne constitue pas une meilleure option étant donné qu'elle risque de modifier toutes les proportions du dessin de façade. L'isolation hybride est donc la meilleure option. Comme pour le projet de l'ensemble d'habitations à Paris, une combinaison de plusieurs techniques semble le plus adéquat. On arrive donc à une solution adaptable à tous les ensembles de logements : l'isolation par les lames d'air pour les parois, un remplacement des châssis pour permettre une coupure thermique combinés avec une isolation par l'extérieur en toiture ou sur certains pans de façade. Ces trois postes sont déjà conséquents et permettent une hausse des performances énergétiques considérables sans trop dénaturer les dessins de façade précis d'Auguste Perret.

Ensuite, les équipements techniques du bâtiment font souvent l'objet de mise à jour au cours d'une réhabilitation. Les solutions pour dissimuler ces grosses machines sont multiples. Elles peuvent être relayées au sous-sol, ou installées sur le toit. Dans le cas où des extensions ont été construites, elles peuvent accueillir des salles de machineries.

S'il s'agit d'immeubles à appartements, une réflexion sur les gaines techniques doit être menée afin de s'assurer que les nouveaux équipements soient compatibles avec les gaines actuelles. Si ce n'est pas le cas, il faut les élargir et cette intervention aura un impact sur l'aménagement intérieur du bâtiment. Encore une fois, les aménagements intérieurs font partie de la valeur patrimoniale. Il faut être vigilant pour la conserver autant que possible tout en faisant en sorte que les bâtiments soient habitables et confortables.



*Figure 33 : un des arbres remarquables du site de l'ensemble de Denis Honegger*

### 2. 3. Evolution de l'aménagement

La dernière grande famille de modifications qu'on peut identifier en analysant les cas d'étude est l'évolution de l'aménagement intérieur. Comme mentionné au point précédent, les modifications d'enveloppe ou de techniques peuvent avoir un effet direct sur l'intérieur d'un bâtiment. Outre cette considération, les bâtiments ont souvent été construits il y a une centaine d'années. On ne vit plus aujourd'hui dans un ensemble d'appartements comme on le faisait dans les années cinquante.

La partie de la réhabilitation qui concerne l'aménagement intérieur est moins délicate mais plus complexe que les autres. Encore une fois, les caractéristiques présentes à l'origine dans les logements sont importantes à conserver. Dans le cas d'Auguste Perret, un des points les plus importants est la lumière. La configuration des appartements est souvent ingénieuse avec des placards et des espaces de circulation efficaces.

La réflexion à propos de l'évolution concerne surtout les espaces communs. Ils sont très peu présents dans les ensembles d'habitation d'Auguste Perret. Aucune pièce n'est destinée à une vie commune au sein du bâtiment, élément que l'on retrouve systématiquement dans des ensembles contemporains. L'accessibilité est un point important également. Les ascenseurs, quand ils sont présents sont petits et l'accès aux personnes à mobilité réduite n'est que trop rarement garanti. La recherche porte donc aussi sur les abords et les circulations à l'extérieur que ce soit pour les piétons, les PMR ou encore les vélos.



- Méthodologie générale
- Analyse préliminaires
- Renforcement des fondations
- Restauration des bétons
- Travail des accès



- Retour à l'aspect d'origine
- Restauration des bétons
- Réflexion sur les circulations
- Réflexion sur l'aménagement
- Nouveaux équipement techniques



- Techniques d'isolation par les lames d'air
- L'isolation par l'extérieur
- Le remplacement des châssis
- Les protections solaires
- Réflexion sur les accès et abords du site

**Restauration des matériaux**

**Réhabilitation technique**

**Evolution des aménagements**

### 3. Synthèse

De nombreux projets d'Auguste Perret ont déjà fait l'objet d'études et de travaux. Certains ont juste été restaurés en façade, d'autres complètement remaniés afin de les adapter aux usagers d'aujourd'hui. Après avoir analysé trois projets de réhabilitation : deux de l'œuvre d'Auguste Perret et une de l'un de ses disciples fidèles au classicisme structurel, nous avons pu tirer une série d'enseignement. Les méthodologies utilisées sont différentes pour chaque projet. Les objectifs ne sont pas les mêmes ainsi, chaque cas d'étude apporte des éléments nouveaux.

Des études préalables précises sont indispensables afin de comprendre la valeur patrimoniale de l'édifice et de comprendre son mode de construction exact. Ensuite, on observe trois grandes familles de modifications.

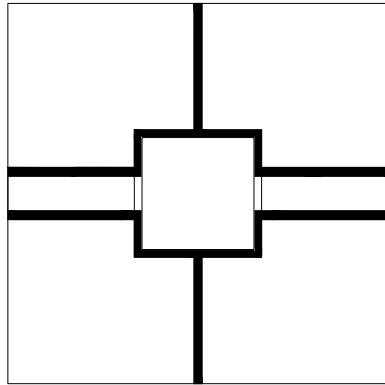
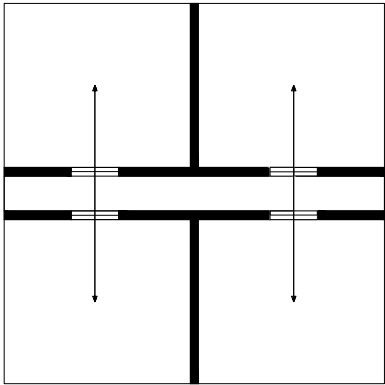
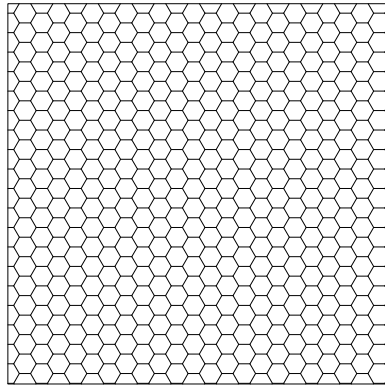
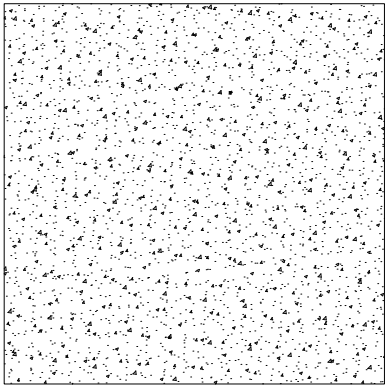
En premier, la restauration des bétons qui constituent les façades et les éléments structurels. Ceux-ci sont réparés avec soin selon les techniques d'Auguste Perret.

Ensuite, la réhabilitation technique est entreprise afin de donner une enveloppe performante au bâtiment. Le bâtiment sera isolé, mieux ventilé, et les détails techniques seront soignés par les équipes compétentes.

La dernière famille est celle de l'adaptation des circulations et aménagements intérieurs. Suite aux modifications, les architectes doivent repenser les parcours des usagers afin de les adapter aux nouveaux bâtiments et aux habitudes contemporaines.

Suite à l'identification de ces trois familles qui sont la synthèse des informations retenues dans chaque projet, voyons comment appliquer ces familles au cadre de la recherche. Ces trois familles sont encore fort générales par rapport au sujet de la réhabilitation des immeubles de logements d'Auguste Perret. Comment préciser ces familles en créant des axes de recherches applicables à chaque projet de réhabilitation ?

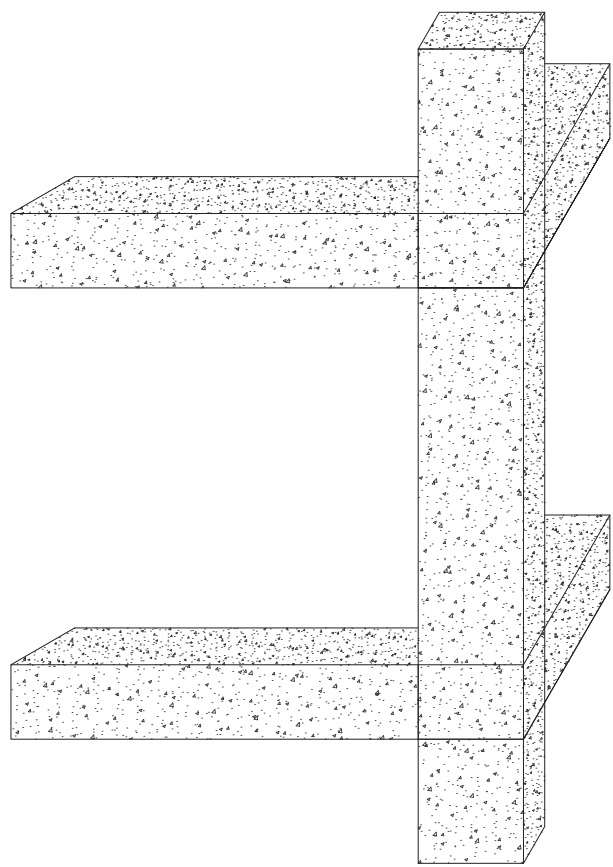
Les leviers de projets développés par la suite dans le chapitre suivant tentent de répondre à cet objectif.



## **V. Hypothèses et leviers de projet**

Suite à tous les enseignements tirés au cours de ce travail, quatre leviers de projet peuvent clairement être identifiés. La méthode peut être applicable à tous les bâtiments de logement d'Auguste Perret et peut se résumer avec ces quatre points.

L'étape préliminaire de l'étude patrimoniale ne sera pas reprise ici car elle représente une étape préalable. Pour ce qui est du projet et de la réflexion sur le bâtiment et son ensemble, j'ai identifié les pistes de recherche ci-dessous. Elles découlent des trois points développés suite à l'étude de cas mais se spécifient afin de mieux catégoriser les différentes étapes.



## 1. Façade et structure : gestion du béton armé

La première étape nécessaire à la réhabilitation est la restauration de la façade et des éléments de structure. Dans le cas de l'architecture d'Auguste Perret, il s'agit évidemment de la restauration des structures en béton armé. Afin de permettre aux bâtiments d'augmenter leur durée de vie, la structure et la façade doivent être en bon état. La durée de vie des édifices construits en béton armé est d'une cinquantaine d'année. Même les ensembles construits à la fin de la vie de l'architecte dans la fin des années cinquante ont donc dépassé leur date limite. Riche des enseignements tirés dans le second chapitre notamment, nous sommes désormais capables d'établir une méthodologie concernant cette restauration.

### 1. 1. Diagnostic et analyse

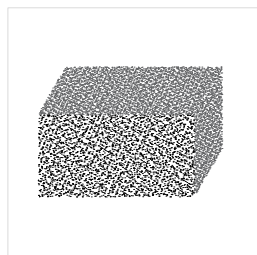
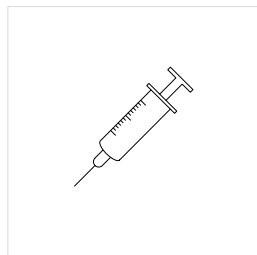
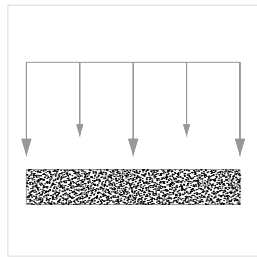
Avant de passer à l'action, le bâtiment et les structures doivent faire l'objet d'une analyse très poussée afin de comprendre le fonctionnement de l'édifice. Cette phase d'analyse permettra par la suite d'intervenir le plus efficacement possible et avec les techniques adaptées aux dégradations présentes sur le bâtiment.

Le premier élément de structure à analyser sont les **fondations**. Bien que les édifices construits par Auguste Perret soient souvent bien conçus, la descente des charges est un élément fondamental à analyser. Lors de la restauration, des bouts de la structure seront retravaillés. La structure risque alors d'être affaiblie localement ce qui peut provoquer des fissures ou mêmes la rupture de certains éléments. Afin d'éviter ce phénomène, il faut s'assurer que les interventions prévues n'engendrent pas de dégât au niveau de la structure.

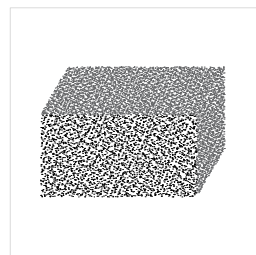
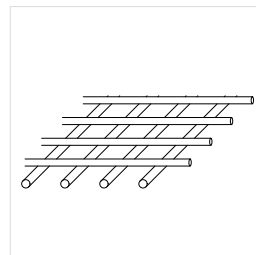
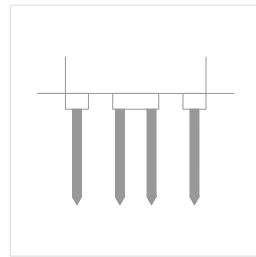
Ensuite, les **armatures** doivent également faire l'objet d'analyses afin d'estimer l'ampleur des **dégradations**. Dans certains cas, la rouille liée à la corrosion est visible à l'œil nu. Toutefois, les armatures endommagées sont souvent dissimulées par la couche de béton qui les enrobe. Une série de tests devront alors être effectués. Ainsi, les armatures endommagées seront quantifiées mais surtout localisées. Lorsqu'il faudra restaurer, l'entreprise en charge pourra alors directement déterminer où intervenir et de quelle manière.

Le dernier élément à analyser lors de la première phase est la **composition du béton**. Auguste Perret connaissait ce matériau sur le bout des doigts et le manipulait à la perfection. Afin d'arriver aux résultats esthétiques qu'il désirait, il manipulait la composition du béton afin de le colorer ou de le texturer d'une certaine façon. La composition du béton pour Perret est tout aussi importante et soignée que sa mise en œuvre. Il est important de comprendre exactement tous les composants et leurs proportions afin de pouvoir le reproduire au mieux. Lorsque l'entreprise procédera à la restauration du béton, aucune différence ne sera alors perceptible entre le nouveau et l'ancien.

## Diagnostic et analyse



## Restauration



## 1. 2. Restauration

Une fois l'analyse complète de l'édifice réalisée, la restauration peut commencer. Aussi bien les structures que les éléments de remplissage, tous les éléments en béton armé sont fragilisés par l'environnement extérieur et l'usage du temps. Les techniques de restauration se sont développées au cours des dernières années et il est aujourd'hui possible de restaurer quasiment à l'identique.

Premièrement, si l'analyse de la descente des charges et de la solidité des fondations marquent des faiblesses, il faut procéder à un renforcement des fondations. Les bâtiments d'Auguste Perret sont souvent construits sur des fondations profondes constituées de pieux. Si ceux-ci ne peuvent pas supporter les risques de la restauration, ils devront être consolidés<sup>15</sup>. Ainsi, les ouvriers pourront travailler sur les éléments de structure en toute sécurité.

Ensuite, la seconde intervention concerne les éléments de structure en béton armé et plus particulièrement les armatures. Une fois que les armatures dégradées sont localisées, le béton qui les recouvre est retiré afin de pouvoir les traiter. Dans certains cas, les armatures peuvent être simplement restaurées à l'aide d'un traitement qui les protège et les « soigne ». Si les armatures sont trop endommagées, il faut alors les remplacer. C'est dans cette hypothèse que la première partie concernant les fondations trouve toute son importance. Une fois que toutes les armatures sont traitées ou remplacées, les éléments structurels sont comme neufs.

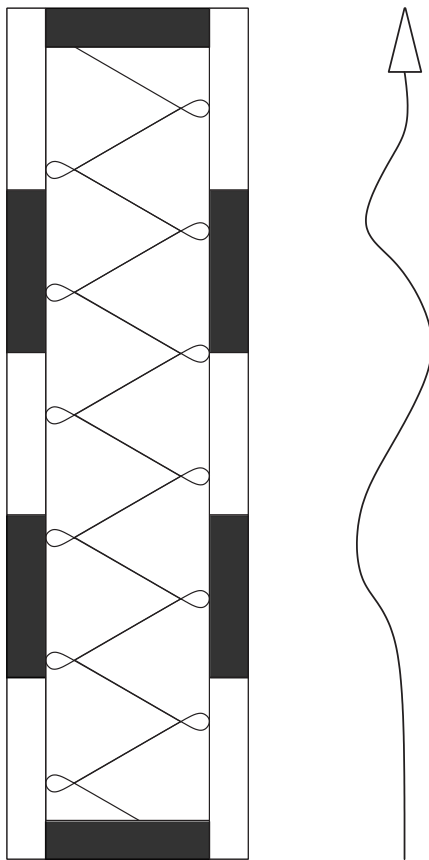
La dernière étape de la restauration consiste à recouler du béton en façade. Les armatures, une fois restaurées nécessitent un nouvel enrobage. Comme nous l'avons précisé dans la partie précédente, le béton est composé de façon à ressembler au maximum au béton d'origine. Il sera alors coulé par-dessus les armatures afin de les protéger et de revenir à l'état initial.

Les éléments de remplissage ou les rares ornements tels que les encadrements de baies en façade par exemple répondent au même processus. Moyennant une bonne analyse préliminaire, un béton presque identique à celui d'origine peut être utilisé pour restaurer les parties qui seraient endommagées. Cette partie de la restauration est probablement celle qui nécessite le plus de précaution. Auguste Perret avait un goût pour l'attention du détail. Chaque élément est réfléchi : les formes, les couleurs, les textures, les proportions. Lors de la restauration, la minutie de l'œuvre d'origine doit donc impérativement être respectée. Plusieurs entreprises spécialisées se sont déjà attaquées à des bâtiments d'Auguste Perret et ont réalisé un travail remarquable<sup>16</sup>. Ceci nous permet d'affirmer qu'il est donc tout à fait possible de restaurer une façade d'Auguste Perret à l'identique ou presque.

---

<sup>15</sup> Intervention entreprise à la Tour Perret : voir études de cas (Chapitre IV – 1.1.)

<sup>16</sup> Palais d'Iéna restauré en ... par ... voir source ...



## 2. Performances énergétiques : isolation, étanchéité et ventilation

Auguste Perret était un architecte et un ingénieur qui maîtrisait parfaitement les techniques de construction qu'il mettait en œuvre. Toutefois, les considérations énergétiques n'étaient pas encore ancrées dans les mentalités à l'époque. Aujourd'hui, les enveloppes doivent se montrer qualitatives afin de garantir un niveau de confort suffisant aux habitants tout en leur offrant un volume chauffé protégé et performant.

Dans chaque bâtiment, trois éléments principaux permettent à l'enveloppe de constituer une barrière efficace. **L'isolation** du bâtiment doit être soignée et continue. Les ponts thermiques sont à éviter au maximum. L'enveloppe doit être **étanche** afin d'éviter toute fuite ou infiltration d'eau ou d'air. Enfin, une **ventilation** efficace doit faire circuler l'air afin de le rafraîchir et le renouveler. Ces trois éléments génèrent des modifications assez lourdes. Les façades et les compositions des ensembles à valeur patrimoniale sont difficiles à gérer de ce point de vue. Il faut faire preuve d'ingéniosité pour mettre en place ces trois phases sans dénaturer les caractéristiques de l'architecture emblématique.

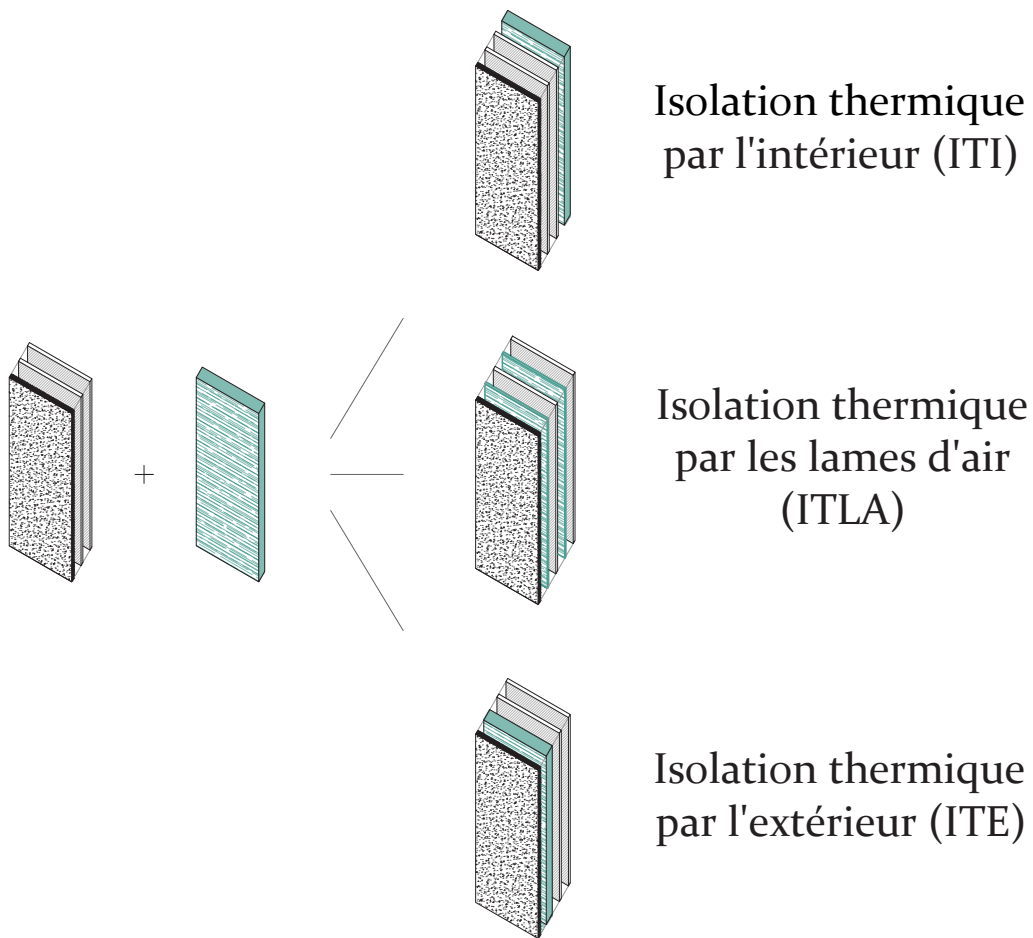
### 2. 1. Isolation thermique

L'isolation thermique est le premier facteur à prendre en compte lors d'une réhabilitation de façade. Dans la plupart des bâtiments de logement de l'architecte, aucun isolant n'est mis en place. Bien que les lames d'air fassent office d'isolant, les parois ne sont pas très qualitatives en termes de performance énergétique. Les panneaux préfabriqués mis en œuvre dans la plupart des immeubles de logement ont une valeur U d'environ  $1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ <sup>17</sup>. Cette valeur est tout à fait respectable pour l'époque mais ne correspond plus aux standards contemporains. Plusieurs options s'offrent alors à nous, l'isolation par l'intérieur, l'isolation par l'extérieur ou l'isolation par les lames d'air. Chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients sur différents plans : difficulté de mise en œuvre, niveau de performance et protection du patrimoine.

**L'isolation par l'intérieur** permet une bonne isolation mais nécessite de faire déménager les habitants. L'aspect extérieur de la façade est entièrement conservé, ce qui est un avantage. Par contre, les murs s'épaississent de façon considérable et les proportions et perspectives sont alors modifiées. Cette technique sera privilégiée lorsque la façade est en bon état et que l'intérieur du bâtiment fait l'objet d'une lourde rénovation. **L'isolation par l'extérieur** permet, en général, une très bonne isolation sans pont thermique. Par contre, elle représente une intervention lourde et une modification complète de la façade. Les proportions des compositions et des murs sont totalement laissés de côté au profit d'une bonne isolation. En revanche, tout l'intérieur est conservé. Les concepteurs vont se tourner vers cette option typiquement lorsque la façade est déjà dans un mauvais état et nécessite de toute façon des modifications.

---

<sup>17</sup> Valeur U : coefficient de transmission thermique d'une paroi.



**L'isolation par les lames d'air** est la troisième et dernière option possible. Le principe consiste à injecter de l'isolant par les côtés des murs atteignables facilement. Ainsi, une couche d'isolant vient s'insérer entre les panneaux constructifs. Cette option permet d'atteindre des bonnes performances bien qu'un peu moins bonne que les deux techniques citées précédemment. Le gros avantage de cette pratique est que toutes les proportions sont conservées. Aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, les murs et les façades restent tels quels. Cette option convient donc pour des bâtiments qui ont déjà une bonne résistance thermique d'origine et qui ne présentent pas de défauts majeurs ni à l'intérieur ni à l'extérieur de l'édifice.

Bien sûr, notons qu'il est possible d'utiliser plusieurs techniques au sein d'un même ensemble en les combinant. Certains endroits pourraient présenter davantage de dégâts que d'autres. Par conséquent, plusieurs techniques pourraient convenir parfaitement au sein d'un même ensemble.

## **2. 2. Profilés des châssis**

Une fois que les panneaux sont isolés, les châssis doivent faire l'objet d'une restauration ou d'un remplacement afin de garantir une enveloppe performante. Les châssis actuels dans la plupart des bâtiments de logement sont des profilés en bois, ils sont composé de simple vitrage. Ce simple vitrage est doublé d'un second simple vitrage. Le double vitrage n'existe pas encore à l'époque mais on observe ici d'une technique alternative. Les profilés sont donc assez performants pour l'époque. Toutefois, les châssis ne sont pas assez performants pour être laissés en l'état. Une série d'options s'offrent à nous encore une fois.

La première est d'insérer un double vitrage dans les profilés existants. Ceci nous permet donc de les conserver moyennant une légère modification de leurs proportions. Toutefois, le profilé est fragilisé lors de l'intervention. En effet, cette technique consiste à augmenter la profondeur du profilé afin d'y intégrer un double vitrage. Un simple vitrage ferait à priori environ 10 millimètres alors qu'un double vitrage a une largeur d'environ 23 millimètres. Cette technique est donc assez délicate. Il est possible d'utiliser des double vitrages très performants et très fins<sup>18</sup>. L'inconvénient de ce vitrage est qu'il est extrêmement cher et qu'il ne peut pas être produit pour des grandes surfaces. Il présente également un très bon coefficient thermique. Si ce coefficient est supérieur à celui de la façade, le risque de condensation augmente. Cette option ne paraît pas donc optimale.

L'alternative à cette option est simplement de remplacer le vitrage existant par un nouveau profilé. Ce nouveau profilé respecterait l'objectif de conserver les proportions réfléchies par Perret. Les profilés de châssis en bois actuels sont plus épais mais peuvent tout à fait s'adapter aux proportions de l'architecture de Perret. Cette dernière option est donc celle qui a été retenue. Les dimensions sont étudiées pour respecter les proportions. Ainsi, les modifications sont minimisées.

---

<sup>18</sup> Verre FINEO : double vitrage très fin et sous vide produit par AGC



### **2. 3. Réflexion sur l'étanchéité**

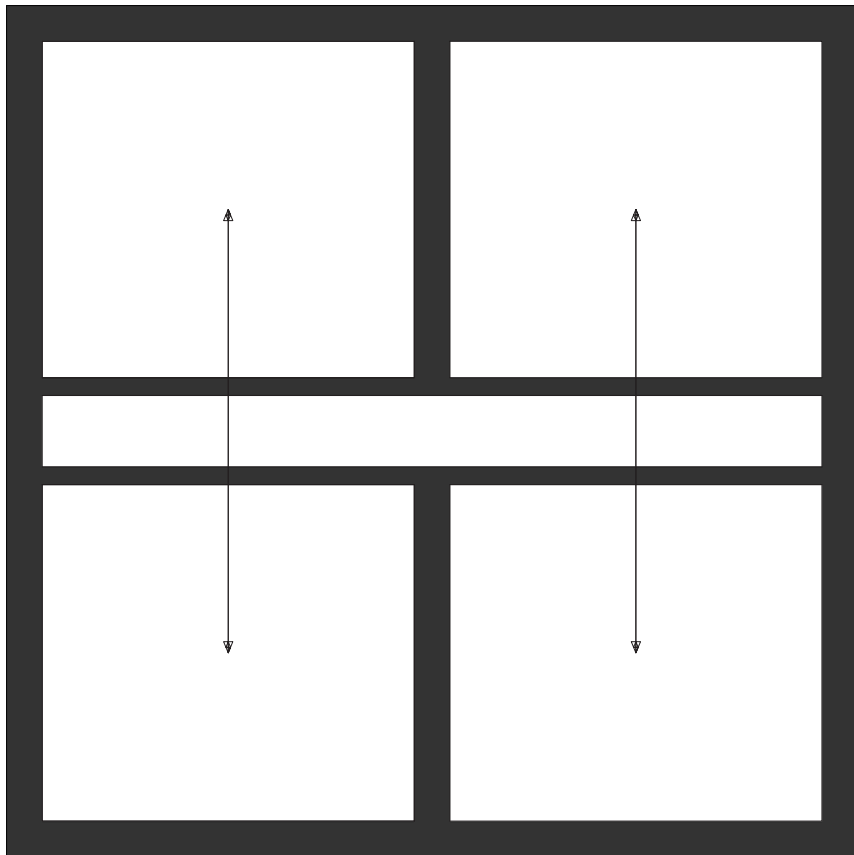
Un bâtiment performant doit être étanche et bien ventilé. L'un n'est pas possible sans l'autre. Il est indispensable de renouveler l'air qui circule à l'intérieur d'un bâtiment. L'habitant doit avoir le contrôle sur la ventilation qui s'opère. Pour ce faire, l'enveloppe doit être conçue comme étanche mais avec une possibilité de flux de ventilation. L'enveloppe ne peut pas représenter une barrière totalement étanche ni une passoire énergétique. Il faut trouver un bon équilibre entre étanchéité et ventilation.

Les détails techniques doivent être bien conçus afin d'éviter les ponts thermiques. Ceux-ci sont généralement présents aux nœuds constructifs entre deux éléments. Typiquement, les dalles qui ressortent en façade dans l'architecture de Perret sont des ponts thermiques significatifs. Les joints entre châssis, portes ou autres constituent également des raccords délicats.

Dans le cas d'une pose de nouveaux châssis performants, la ventilation doit être adaptée. Les nouveaux profilés sont souvent équipés d'un dispositif qui permet de faire circuler l'air par de petites ouvertures. Ces ventilations peuvent être contrôlées en le réglant sur différentes positions qui laissent passer plus ou moins d'air en fonction des besoins.

### **2. 4. Dimensionnement des gaines techniques**

Enfin, en ce qui concerne la ventilation, cette partie ne relève pas des compétences d'un architecte. Toutefois, il est indispensable que la modification et le dimensionnement des gaines techniques soient prises en compte dans la conception. Les plans d'aménagement actuels présentent de nombreuses gaines techniques dès l'origine. Encore une fois, Auguste Perret nous prouve que ses conceptions sont réfléchies dans les moindres détails. Il n'est donc a priori pas compliqué lors de la réhabilitation de prévoir l'espace nécessaire pour ventiler correctement les bâtiments.



### 3. Organisation intérieure: adaptation des typologies

La structure poteaux – dalles qui est la plus utilisée dans l'architecture Perret offre le grand avantage du plan libre. Cette caractéristique offre un avantage considérable pour la réadaptation des aménagements intérieurs. L'organisation précise et rythmée permet de réadapter les logements et de repenser la distribution des pièces avec une certaine facilité.

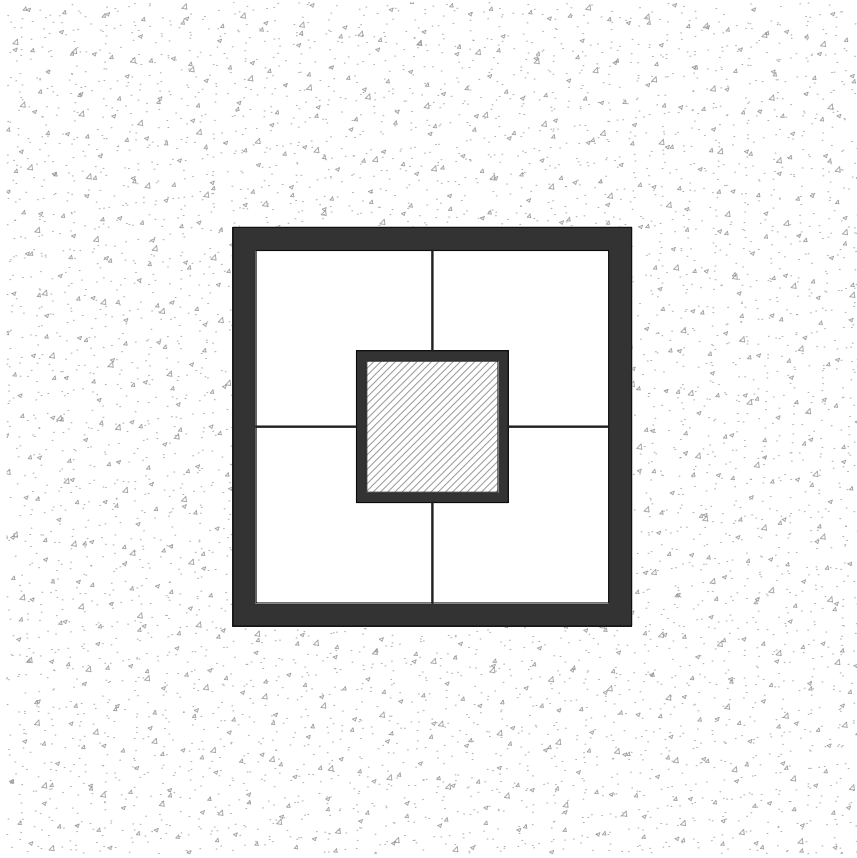
Plus précisément dans les immeubles de logement de la dernière partie de l'œuvre de Perret : « l'aboutissement », les logements sont modulaires. Plusieurs typologies sont développées puis intégrées dans les différents étages. Il est donc possible de les redistribuer, de les diviser, ou de les rassembler afin de créer de nouvelles compositions.

Les plans d'aménagements mis en place par Auguste Perret, surtout pour les logements, sont fidèles aux modes de fonctionnement de la société de l'époque. Toutefois, aujourd'hui, les compositions de ménage et les modes de vie évoluent. Les familles traditionnelles : papa, maman et enfants sont, de nos jours, minoritaires. De plus en plus de jeunes adultes ont envie de vivre en co-location. De nombreux autres modes d'habiter ensemble existent comme des cohabitations intergénérationnelles par exemple. Lors de la réhabilitation d'un ensemble, il est intéressant de se renseigner sur la composition de la population locale et de ses besoins.

Les typologies de logements sont diverses mais sont toujours développées sur un seul niveau. En considérant l'accroche au ciel, la corniche et le toit terrasse qui sont trois caractéristiques importantes de l'architecture de Perret, il semble pertinent d'exploiter des typologies sur plusieurs niveaux. Cette option représente encore une fois une piste d'exploration qui permettrait de donner naissance à de nouveaux modes d'habiter, de vivre et de partager.

Les ensembles de logement doivent s'adapter à la demande. La modification de la façade et des équipements aura dans tous les cas un impact direct sur l'intérieur du bâtiment. Autant profiter de cette occasion pour réfléchir à l'adaptation des logements. Avant de procéder au réaménagement de l'intérieur des immeubles, une phase d'analyse s'impose.

Comme pour les deux points précédents, il faut d'abord comprendre les motivations de l'intervention pour la réaliser convenablement. D'autre part, les logements actuels conçus par Perret présentent une valeur architecturale et patrimoniale. Les aménagements sont témoins de mode de vie de l'époque et sont tout aussi importants que la façade ou l'enveloppe. Les caractéristiques emblématiques qui valent la peine d'être conservées et qui contribuent au confort des habitants entrent donc dans les compositions également. Encore une fois, il s'agit pour le concepteur, de faire la balance entre les éléments à conserver et les éléments qui peuvent être modifiés.



#### 4. Espaces partagés : intérieurs et extérieurs

Le quatrième et dernier levier de projet est celui des espaces partagés. Cette réflexion entre dans la continuité du point précédent qui concerne le réaménagement des logements. Les espaces partagés dans les immeubles de logement de Perret sont très limités voire inexistants. Dans la plupart des ensembles, ils se limitent aux cages d'escaliers et aux paliers. Or, dans la façon dont nous vivons aujourd'hui, la plupart des habitations collectives modernes sont équipées de lieux prévus pour les habitants qui aiment se retrouver et partager des moments de vie ensemble.

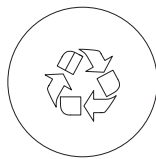
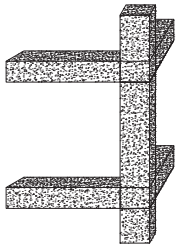
En ce qui concerne les espaces partagés intérieurs, des espaces pourraient facilement être intégrés dans les immeubles de logement de Perret moyennant une réflexion sur le plan intérieur des ensembles. Certains espaces ou pièces pourraient trouver une notion de partage. On pourrait alors trouver des salons ou cuisine partagés notamment dans le cadre des logements étudiants évoqués précédemment. Des espaces de coworking pourraient être mis à disposition pour les travailleurs qui souhaitent travailler de la maison sans être seuls. Des espaces de loisirs ou des espaces de bibliothèque, école de devoirs pourraient être mis à disposition pour les voisins qui souhaitent se détendre, s'entraider ou lire au calme. Des terrasses couvertes, jardins d'hiver ou serre pourraient même trouver leur place aux étages supérieurs bénéficiant de plus de lumière et de moins de vis-à-vis.

Les possibilités sont larges et nombreuses et le potentiel en termes de vécu est énorme. Une vie communautaire pourrait alors se développer et contribuer au confort de vie des habitants. Ces ensembles qui paraissent aujourd'hui peu vivants et un peu mornes deviendraient alors des logements attirants et plein de vie.

Au niveau des espaces extérieurs, de nombreuses possibilités se dessinent également. Les abords des ensembles de logements de Perret sont souvent délaissés ou peu adaptés à notre époque encore une fois. La voiture est mise en valeur alors qu'aujourd'hui, on essaye de se déplacer davantage à vélo ou à pied. Aucun accès n'est adapté au PMR et la végétation est souvent négligée. De légères modifications relativement simples pourraient rendre les abords plus accueillants, plus verts et surtout adaptés à tous.

Les intérieurs d'ilots qui servent aujourd'hui de vulgaires parkings bétonnés pourraient devenir de véritables jardins où les familles, colocataires, voisins pourraient organiser des activités de quartier. La suppression des bordures permettrait un accès à l'ensemble des entrées et des jardins à tous. L'intégration de parkings pour les vélos ou autres véhicules à deux roues faciliterait l'accès aux usagers et permettrait alors de légitimer la sortie de la voiture de l'intérieur de l'ilot.

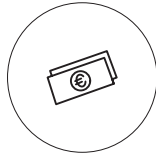
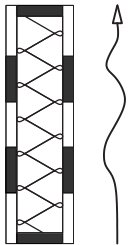
Pour conclure, de nombreuses options sont possibles quant au réaménagement des espaces communs et partagés intérieurs et extérieurs. Ce dernier facteur est celui qui vient boucler la question de la réhabilitation en amenant ce côté accueillant et modernisé à un bâtiment de logement ancien.



Enjeux de durabilité



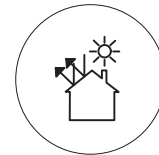
Enjeux d'expérimentations



Enjeux économiques



Enjeux environnementaux



Enjeux de confort

## 5. Enjeux aux différentes échelles

Maintenant que les quatre leviers de projets ont été développés, il nous est possible de comprendre les enjeux qui s'y rattachent. En effet, pour chaque échelle d'intervention et donc pour chaque levier, les conséquences et les impacts sur les habitants et la composition de l'ensemble sont différents. Ces nombreux enjeux vont être repris et développés ci-dessous.

### 5.1. Façade et structure

La restauration des éléments composant la façade et des éléments de structure représentent avant tout des **enjeux d'expérimentation**. Ces dernières années, les chantiers tests ont été nombreux, les techniques évoluent mais sont toujours dans une phase d'expérimentation. Si un projet tel que la restauration des façades d'un immeuble de logement construit par Auguste Perret venait à être réalisé, il s'agirait d'une référence de plus dans cette longue expérimentation.

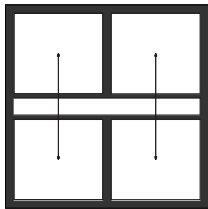
Ensuite, la restauration des façades et de la structure entraîne également des **enjeux de durabilité**. Cette restauration permet de retrouver un état qui se rapproche au maximum de l'état d'origine mais surtout permet de conserver le patrimoine et de le rendre durable. Cette durabilité est traduite par une pérennité qui nous permet d'assurer un héritage durable aux générations futures.

### 5.2. Performances énergétiques

L'amélioration des performances énergétiques de l'enveloppe d'un bâtiment de logement permet d'améliorer le **confort** des habitants. **L'enjeu du confort** est primordial lors d'une réhabilitation. Il permet d'offrir des logements qualitatifs aux futurs occupants. Un bâtiment avec des bonnes performances énergétiques et une conception soignée sera également respectueux de l'environnement et plus économique.

**L'enjeu environnemental** est fondamental, en tant que concepteurs du monde de demain, il faut être conscient de l'empreinte écologique des bâtiments que nous concevons mais aussi de ceux qui font déjà partie de l'ensemble construit. Si l'immeuble est bien isolé, bien étanche et bien ventilé, il constitue une bonne enveloppe contre le froid en hiver et contre le chaud en été. Ainsi, en plus d'offrir des logements confortables, ils sont aussi durables et surtout permettent à l'habitant de faire des économies.

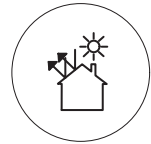
Le troisième enjeu est donc **l'enjeu économique**. Ce troisième élément découle des deux précédents et trouve toute son importance dans les préoccupations actuelles. Avec la hausse du prix de l'énergie et de la vie en général, c'est un atout de pouvoir proposer des logements économes en termes d'énergie et de consommation.



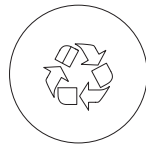
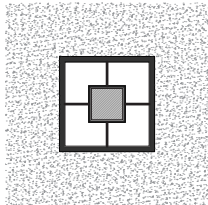
Enjeux d'expérimentations



Enjeux sociaux



Enjeux de confort



Enjeux de durabilité



Enjeux sociaux



Enjeux communautaires

### 5.3. Organisation intérieure

Tout comme pour le premier point, le réaménagement des logements et des typologies dans un bâtiment à valeur patrimoniale entraîne **des enjeux d'expérimentation**. D'autres immeubles de logement ont déjà été retravaillés comme les logements de Denis Honegger ou « Ieder zijn huis »<sup>19</sup>. Mais, encore une fois il s'agit d'expériences et de tests qui ne trouvent pas leurs réponses dans des théories toute faites. Il faut essayer, comprendre ce qui fonctionne et éventuellement se tromper.

On retrouve ici aussi **les enjeux de confort** mentionnés au point précédent. Si les logements et l'organisation intérieure correspondent aux besoins des habitants, ils s'y sentiront forcément confortables.

**Les enjeux sociaux** entrent alors en jeu. Ils sont tout aussi importants que le confort individuel. Le fait de vivre en communauté offre à l'occupant un sentiment de partage et d'appartenance. Ces éléments contribuent à son confort et à son bien-être.

### 5.4. Espaces partagés

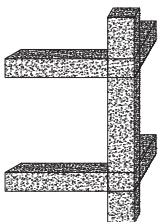
On retrouve dans ce dernier point les **enjeux de durabilité** du premier point. Lorsque des espaces partagés entrent dans la composition, ceux-ci peuvent évoluer pour trouver différentes fonctions au fil du temps et des besoins.

**Les enjeux sociaux** se retrouvent également dans la notion des espaces partagés. Ils sont la continuité du point précédent. Ils offrent à l'habitant des espaces où rencontrer les autres et échanger. La notion du vivre ensemble est importante et trouve de plus en plus d'applications dans nos modes de vies. Depuis les récentes crises sanitaires et les périodes d'isolement, le contact humain est devenu autrement fondamental.

Enfin, pour conclure, le dernier enjeu concerne la vie en communauté. En effet, **les enjeux communautaires** sont importants dans les logements collectifs. Actuellement, les habitants vivent ensemble mais ne partagent pas réellement. Les espaces partagés étant très limités, ils n'ont pas l'occasion de créer un réel sens de la communauté. Suite à la réhabilitation et par conséquent à l'intégration d'espaces communs, cet aspect va probablement se développer.

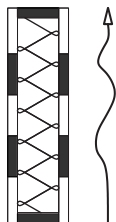
---

<sup>19</sup> Immeuble de logement construit par Willy Van Der Meeren en 1952 à Evere, Bruxelles. Rénovation par ORIGIN architecture & engineering. La plupart des points repris dans les leviers de projet ont été appliqués. Cette rénovation constitue donc une référence importante pour ce travail.



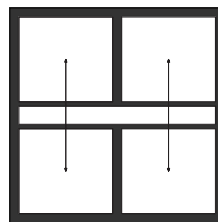
### **Facade et Structure**

Restauration des éléments de structure et composants de façade en béton armé



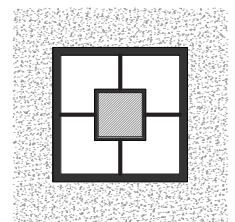
### **Performances énergétiques**

Revoir l'isolation, l'étanchéité et l'isolation de l'enveloppe afin d'en améliorer les performances



### **Organisation intérieure**

Réhabilitation des aménagements intérieur et de la distribution des appartements



### **Espaces partagés**

Réhabilitation des espaces partagés intérieurs et extérieurs pour les rendre plus inclusifs

**Objectif** : Intégrer les 4 leviers dans un projet de réhabilitation respectueuse des valeurs patrimoniales et architecturales

## 6. Synthèse : une réhabilitation réussie

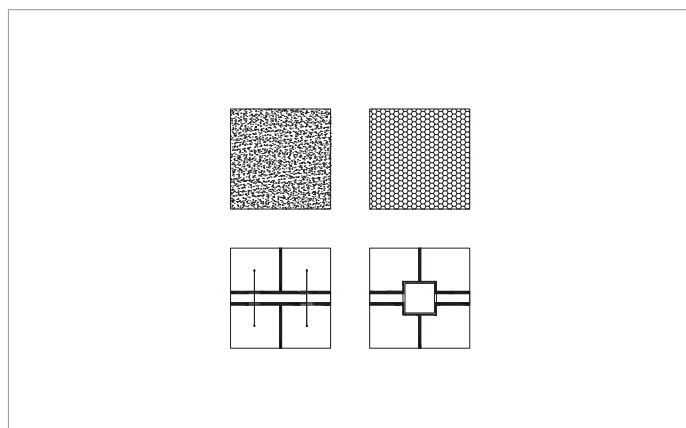
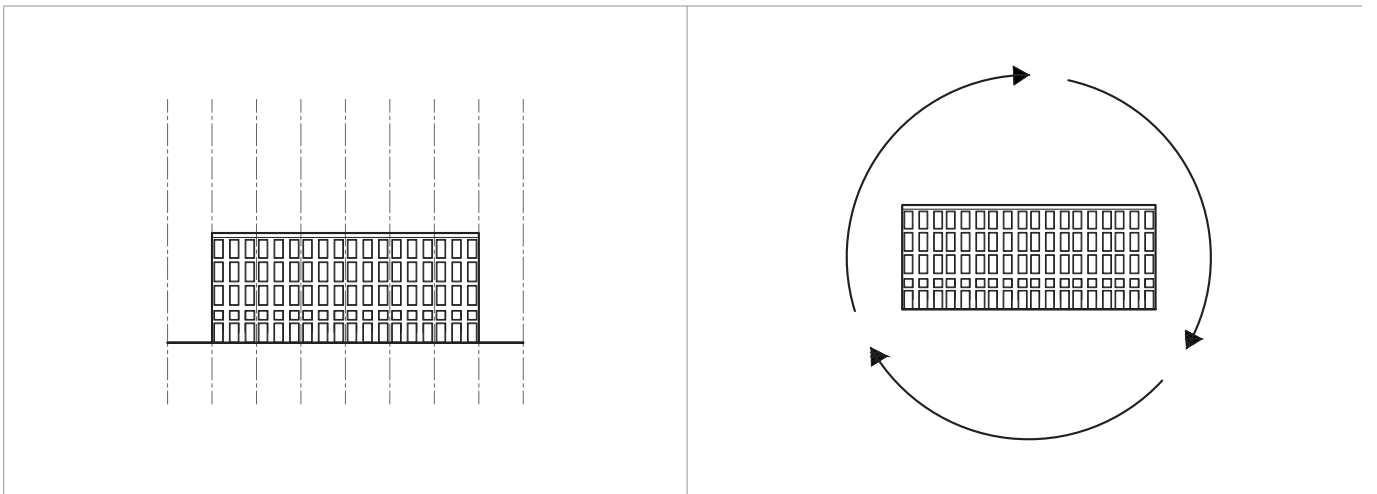
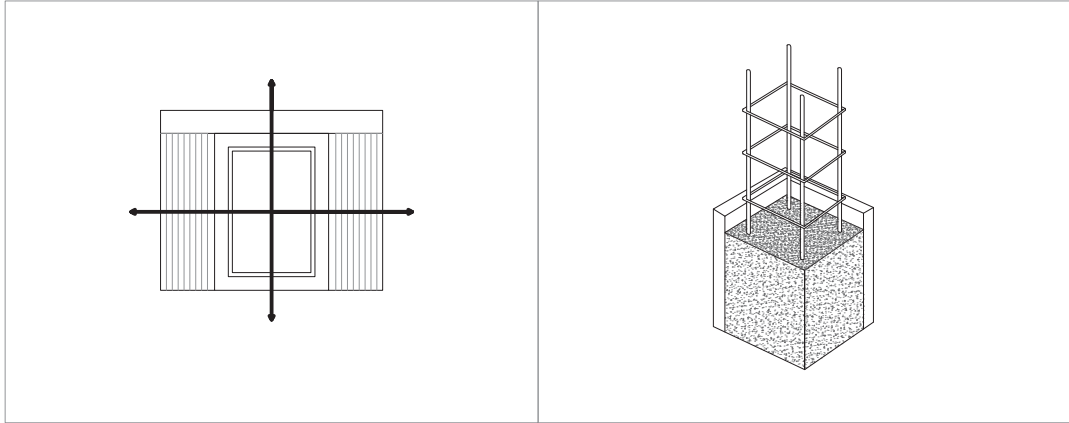
Le premier aspect concerne la restauration des ouvrages en béton qui seraient endommagés. Cette restauration peut concerner la façade ou les éléments de structure dégradés. Afin de restaurer les éléments construits en béton armé qui sont abîmés, il faut d'abord procéder à un diagnostic et une analyse préliminaire. Ainsi, la composition et la mise en œuvre de ces éléments peut être reproduite afin de restaurer à l'identique.

Ensuite, l'amélioration des performances énergétiques de l'enveloppe qui permet un meilleur confort pour l'habitant est un deuxième aspect. Il se décompose en trois phases : l'isolation, l'étanchéité et la ventilation. Pour chacun de ces postes, différentes options sont possibles. L'isolation de l'enveloppe peut se faire par l'intérieur, l'extérieur ou par remplissage des lames d'air. Les châssis ont également un grand rôle à jouer dans l'amélioration des performances énergétiques. En remplaçant le vitrage ou le profilé complet, les performances peuvent largement augmenter. Toutefois, si les châssis et les parois sont isolés, ils forment une enveloppe étanche. La ventilation doit donc être assurée afin de permettre un bon renouvellement de l'air.

Troisièmement, l'organisation intérieure des appartements et l'adaptation des typologies semble s'imposer avec les évolutions relatives aux modes de vies d'aujourd'hui et de la composition des ménages. La réhabilitation comprend également un volet sur l'aménagement intérieur. Celui-ci doit être revu pour correspondre aux besoins de la population et permettre aux habitants de se sentir bien au sein de leur logement.

Et enfin, toujours dans le cadre de l'aménagement et l'amélioration de la vie collective, les espaces partagés doivent être repensés et intégrés aux compositions. Chaque utilisateur doit pouvoir circuler en toute liberté. Le travail sur les accès est indispensable quand on veut créer des ensembles adaptés à tous les usagers. Les espaces partagés peuvent se retrouver à l'extérieur et à l'intérieur. Ils sont vecteurs de vie commune et de bien-être.

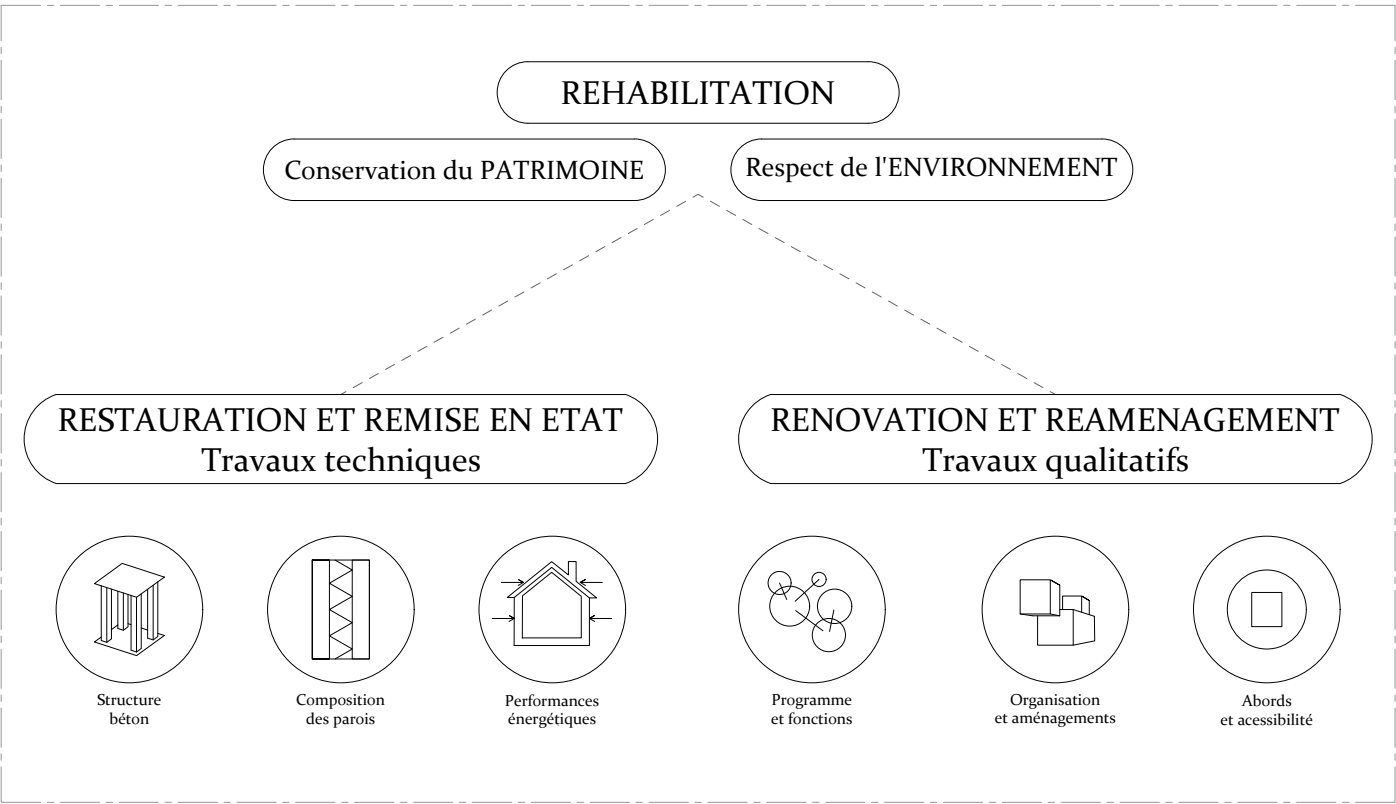
Ces quatre leviers de projet seront repris lors du développement du projet d'architecture par la suite. Ils sont le fruit d'une longue analyse de l'architecture de Perret, de son style, de ses manières de construire et de ses intentions. Ils sont donc adaptables à tous les édifices de logements qu'il a construits. Pour chaque levier, des échelles différentes sont concernées et des enjeux se dessinent. Que ce soit des enjeux de confort, environnementaux ou sociaux, chaque levier permet à l'habitant un certain de degré de confort supplémentaire. Si les quatre leviers sont combinés au sein d'un même projet de réhabilitation, l'ensemble sera agréable, adapté aux habitants et aux exigences environnementales.



## **VI. Conclusion**

Ce dernier chapitre reprend tous les éléments des cinq chapitres précédents pour en faire une synthèse. Quels sont finalement les enseignements dont il faut se nourrir pour réhabiliter les immeubles de logement d'Auguste Perret ?

Chaque chapitre alimente le suivant pour arriver à une conclusion riche et claire. Le lien avec le projet est abordé dans ce chapitre ainsi que les différentes limites ressenties au cours de l'écriture.



## 1. Apport et contribution

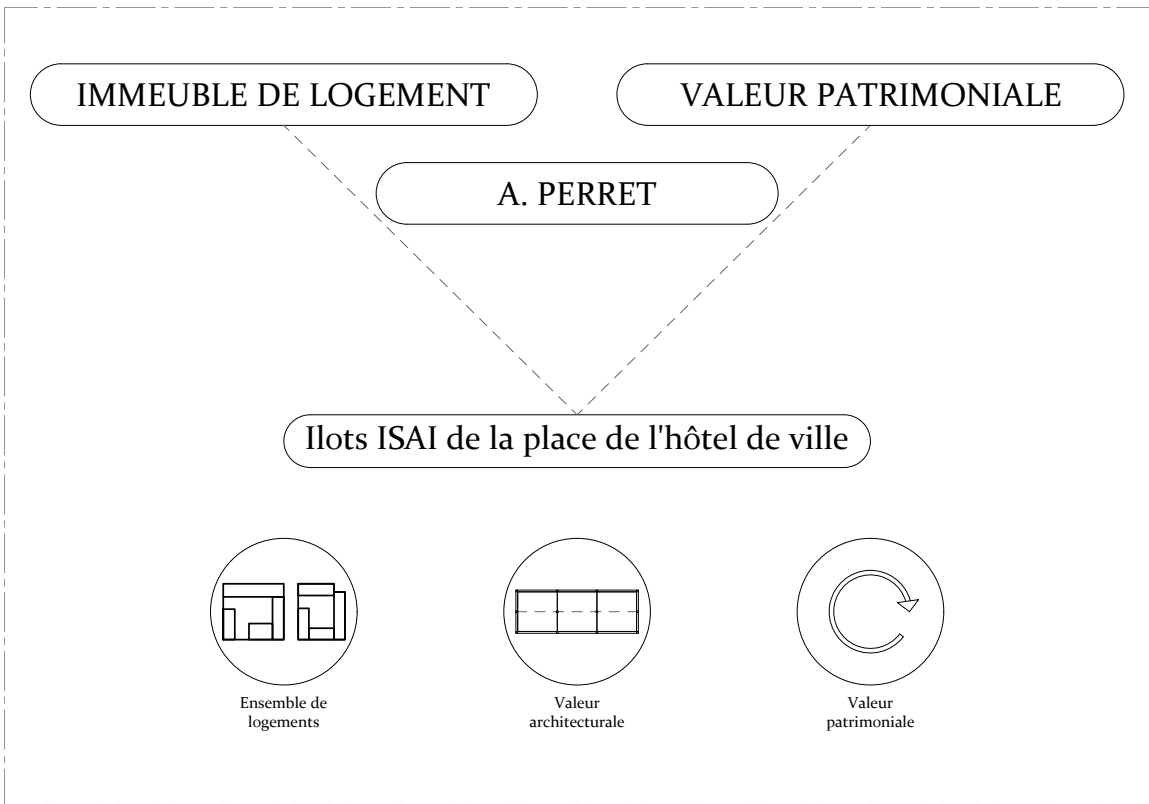
J'ai énormément appris au cours de l'écriture de ce travail. J'avais un intérêt profond, depuis plusieurs années pour l'architecture d'Auguste Perret. Je me suis toujours posé la question de la méthode à utiliser pour la réhabilitation d'édifices. Je me rends compte aujourd'hui de l'ampleur des enjeux que représente cette question. Un projet de réhabilitation d'un ensemble de logements d'un architecte aussi influent qu'Auguste Perret, s'accompagne d'une longue recherche préalable et surtout requiert un soin et une attention toute particulière.

Dans un premier temps, j'ai trouvé la rédaction des deux premiers chapitres de mon travail très intéressante. Ils m'ont permis de comprendre les bases de mon travail et les différents thèmes auxquels j'allais être confrontée par la suite. La combinaison de la partie historique sur la vie de l'architecte et de la partie technique sur le béton m'ont permis d'avoir une fondation solide pour comprendre les cas d'étude et enfin le projet. Au cours du processus d'écriture et de recherche par le projet d'architecture, ces deux chapitres m'ont fortement aidée. En gardant les enseignements de ces deux parties en tête, j'ai acquis une certaine « expertise » relative à l'architecture d'Auguste Perret.

Les trois chapitres suivants abordent la question de la réhabilitation de manière de plus en plus précise. Ils forment ensemble, le recueil de toutes les informations et tous les enseignements que j'ai pu récolter au cours de ma recherche.

L'analyse des différents immeubles de logement et de leurs caractéristiques était une étape essentielle qui m'a permis de rentrer dans le sujet et de créer un cadre de recherche. Une longue phase de documentation et de lecture a été effectuée avant de choisir et sélectionner le corpus à analyser. J'ai fait le choix d'identifier et de décrire trois projets par période de l'œuvre de Perret afin d'avoir une vision complète mais synthétique. La grille d'analyse mise en place au cours de ce chapitre permet de justifier les trois périodes identifiées et d'observer les évolutions dans la mise en œuvre.

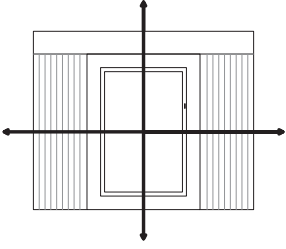
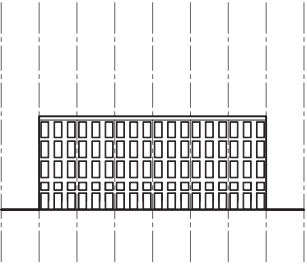
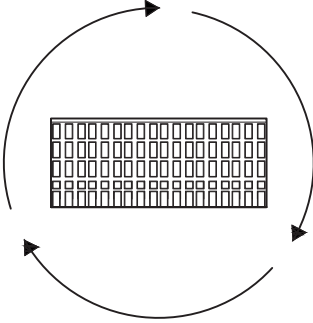
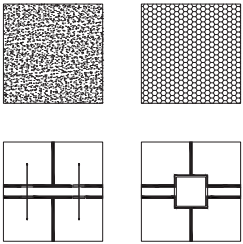
La mise en corrélation des différents cas d'étude est la dernière étape nécessaire à la compréhension de la question de la réhabilitation. L'analyse des travaux entrepris par d'autres architectes et entreprises pour répondre à cette question m'a permis de réaliser qu'il existe autant de réponses à la questions que de projets. Chaque édifice est différent et répond à des demandes et exigences qui lui sont propres. Toutefois, des similitudes apparaissent. C'est ce constat que j'ai voulu faire transparaître dans ce chapitre. Rien qu'en analysant trois cas d'étude, ces axes de recherche apparaissent. Ils se manifestent dans chaque projet avec des variations et des solutions qui diffèrent mais les thèmes sont toujours les mêmes et les méthodologies utilisées se ressemblent.



Ce sont ces similitudes que j'ai voulu évoquer en identifiant mes quatre leviers de projet.

Depuis le mois de septembre, je travaille avec ces quatre leviers de projet en tête. J'avais commencé ma réflexion sur l'identification de ces leviers dès les prémices de mon travail. Aujourd'hui, je pense pouvoir dire que je les ai façonnés tout au long de ma recherche théorique et pratique. Ils sont l'aboutissement de ma recherche et ils ont évolué tout au long de mon processus. Chaque petit élément, enseignement, informations complémentaires récolté au fur et à mesure est venu alimenter ces leviers pour les préciser au maximum.

Pour conclure, ces quatre leviers sont la réponse à ma question de recherche qui concerne la réhabilitation des immeubles de logement d'Auguste Perret. Ils sont le fruit de mon travail, de mes analyses, de mes lectures et de mes réflexions. Je pense qu'ils ne sont pas parfaits mais ils constituent une ébauche et un point de départ solide pour quiconque voudrait s'atteler à les perfectionner. Ils constituent surtout la base de ma recherche par le projet. Tout au long du processus, ils m'ont accompagnée et m'ont permis de hiérarchiser le projet. Je les ai tous les quatre appliqués à mon cas d'étude ce qui me permet de dire qu'ils sont réalistes et suffisent pour répondre aux enjeux d'une réhabilitation respectueuse du patrimoine.

	<div data-bbox="560 199 756 338" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">La vie d'Auguste Perret</div> <div data-bbox="780 199 976 338" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;">Inspirations et Influences</div> <div data-bbox="1000 199 1197 338" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;">CLASSICISME STRUCTUREL</div>	<p><b>Compréhension complète des caractéristiques et des modes de construction de l'oeuvre de Perret</b></p>
<div data-bbox="560 360 1197 432" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">"L'ordre du béton armé"</div>	<div data-bbox="560 629 756 768" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Construction</div> <div data-bbox="780 629 976 768" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;">Dégradations</div> <div data-bbox="1000 629 1197 768" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;">Avantages et Inconvénients</div>	
	<div data-bbox="560 934 1197 1072" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Chronologie des Immeubles</div> <div data-bbox="560 1099 1197 1238" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Caractéristiques de l'architecture de Perret</div>	<p><b>Analyses et Comparaisons</b></p>
	<div data-bbox="619 1317 850 1621" style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block; text-align: center;">Etude de cas</div> <div data-bbox="908 1317 1139 1621" style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block; margin-left: 10px; text-align: center;">Enseignements</div>	<p><b>Réhabilitation</b></p>
	<p><b>4 Leviers de projet</b></p>	

## 2. Document synoptique

Le document synoptique reprend les différents liens qui existent entre les chapitres. Certaines parties de chapitres ont permis le développement des éléments qui suivent. Les chapitres s'alimentent les uns les autres pour former un ensemble d'informations. Un enchaînement de recherches, d'analyses et d'études se suivent afin d'arriver au point final qui sont les leviers de projets.

Le premier chapitre qui concerne la vie d'Auguste Perret permet de poser les bases. Il donne un premier aperçu du cadre dans lequel la recherche s'inscrit. Le classicisme structurel y est décrit, il sera un élément essentiel par la suite lors de l'étude des bâtiments. Ce chapitre nous offre les premiers éléments clés qui permettent d'aborder la suite avec un regard averti.

Le second chapitre aborde la questions des structures en béton armé. Il reprend des éléments beaucoup plus techniques mais indispensable lorsqu'on décrit le maître de l'architecture en béton armé. Plus particulièrement, le chapitre sur les pathologies constitue un élément indispensable à la bonne compréhension des études de cas du dernier chapitre.

Le troisième chapitre est le début de l'analyse. La chronologie des bâtiments d'habitation d'Auguste Perret et l'analyse de cette ligne du temps permet d'aboutir à une liste de caractéristiques emblématiques de son architecture. Cette analyse se nourrit des deux premiers chapitres sans lesquels, la compréhension des édifices de Perret ne serait pas complète. Une série d'analyses et de comparaisons sont alors établies entre les différents projets afin de comprendre réellement l'ampleur de l'œuvre de Perret et ce qui était important dans sa conception.

Le chapitre qui concerne la réhabilitation énonce une série d'études de cas des restaurations et réhabilitations déjà entreprises sur des œuvres de classicisme structurel. Il nous renseigne sur les méthodes déjà utilisées. Ces études de cas nous permettent d'identifier les points d'attention auxquels le restaurateur doit être vigilant au cours des travaux. Riche de la première analyse, qui repose sur les deux premiers chapitres, les études de cas fournissent les dernières informations nécessaires.

Le dernier chapitre qui énonce les leviers de projet est celui qui clôture la recherche. Il est alimenté par les quatre chapitres en amont qui permettent chacun de fournir les informations nécessaires pour répondre à la question de recherche. On débouche alors sur les leviers de projet qui sont au nombre de quatre. Ils représentent la conclusion de la recherche et l'aboutissement du travail théorique.

Ils permettent aussi et surtout de faire le lien avec le projet d'architecture. Ce sont ces quatre leviers de projet qui vont façonner la démarche conceptuelle et les interventions sur le cas d'étude.



*Figure 34 : cité radieuse de Marseille, Le Corbusier*

### 3. Limites et perspectives

La recherche peut s'appliquer à tous les bâtiments de logements d'Auguste Perret. La méthode mise en place pourrait également s'appliquer à tous les autres bâtiments de l'architecte. Dans les études de cas, les bâtiments présentent d'autres programmes et pourtant, la méthode est similaire et les caractéristiques de l'architecture aussi. Dans l'étude de cas toujours, un bâtiment d'un disciple de Perret est étudié. Je me rends compte que les principes d'interventions pourraient donc s'appliquer à la large gamme d'édifices construits selon le style du classicisme structurel. Le classicisme structurel reprend, a priori, toujours les mêmes caractéristiques que l'architecture de Perret puisqu'il en est le fondateur. Tant que les architectes ne s'éloignent pas trop des principes de conceptions d'origine, les bâtiments qu'ils ont construits devraient pouvoir répondre à la même méthode.

Dans un second temps, il serait intéressant d'élargir la recherche aux autres architectes de la période moderne d'après-guerre. Le principe de préfabrication a été utilisé par de nombreux architectes et pourtant, les typologies imaginées sont toujours différentes. Suite à l'acceptation de l'architecture de Perret, de nombreux autres ont commencé à utiliser les structures en béton armé. Auguste Perret n'est certainement pas le seul à avoir construit des structures en béton armé poteaux-dalles. Il doit y avoir des points de la méthode qui y sont applicables. Lesquels ne le sont pas et pour quelles raisons ?

Je pense qu'il serait également très intéressant de faire la même étude, centrée sur un architecte en particulier avec Le Corbusier par exemple. Je me suis posé la question en écrivant mon travail des similitudes et divergences de leurs œuvres. Dans les éléments que j'ai appris en écrivant, j'ai découvert que Le Corbusier avait été un élève de Perret. Il a bien dû apprendre certaines pratiques qu'il a remise en place par la suite. Quels sont donc les principes qui reviennent chez les deux architectes, rivaux, de la même période et comment se démarquent-ils l'un de l'autre ?

Au niveau de la recherche en tant que telle, je pense avoir survolé assez rapidement la question de la restauration des bétons. Mon premier levier de projet concerne cette intervention sur les éléments en béton présents en façade ou qui constituent la structure. J'aurais aimé me pencher davantage sur cette question pour en comprendre les aspects plus techniques mais j'ai choisi de développer d'autres angles. Ce choix est également présent dans mon projet qui présente une méthodologie de restauration des bétons qui n'est pas aussi précise que pour les trois autres leviers.



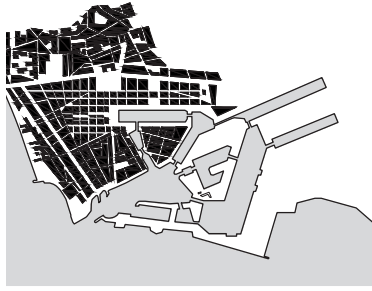
**PARTIE 2**  
**Les Ilots Sans Affectation Individuelle (ISAI)**  
**de la place de l'hôtel de ville : Le Havre**



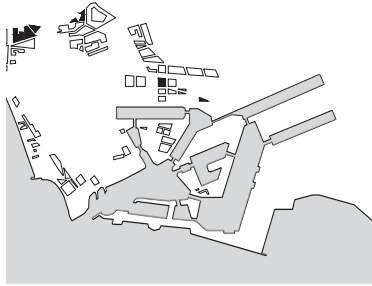
*Plan d'implantation à grande échelle des ilots de la place de l'hôtel de ville au Havre*

## **I. Présentation historique, sociale et contextuelle du cas d'étude**

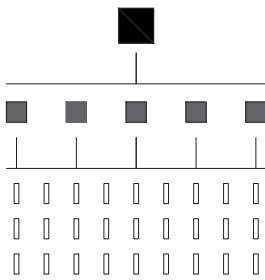
Le Havre et plus particulièrement les îlots ISAI de la place de l'hôtel de ville sont des bâtiments caractéristiques de l'architecture du XX<sup>ème</sup> siècle. Les îlots V40 et V41 sont, en effet, labellisés « patrimoine du XX<sup>ème</sup> siècle » par le ministère de la culture depuis 2004. Ils représentent pour le chantier de la reconstruction un vaste terrain d'expérimentations et incarnent les grandes innovations de cette période. Les îlots reflètent les valeurs mises en œuvre par Perret au cours de cette reconstruction. Les îlots classés comme patrimoine les plus protégés sont donc sans aucun doute ceux qui représentent le mieux l'œuvre de l'architecte. Ils présentent de nombreuses innovations pour leur temps en termes de techniques et d'aménagements. Les nouvelles formes urbaines du Havre témoignent de la modernisation qui va commencer à apparaître dans de nombreuses villes. Les réseaux qui permettent aux citoyens de se déplacer vont également connaître de grands progrès.



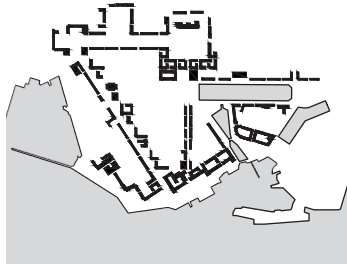
Début du 20ème siècle  
Une ville déséquilibrée



Fin de l'été 1944  
Bombardement sur la Normandie



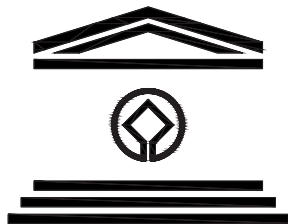
Février 1945  
Création de l'Atelier Perret



1948  
Plan définitif et début du chantier



1956  
Fin du chantier et critiques



2005  
Classement Unesco et naissance  
d'une identité

## 1. Le Havre et la reconstruction

### 1517 Fondation de la ville du Havre

La ville du Havre est fondée par François 1<sup>er</sup> à proximité d'un port. Le Havre est donc une ville portuaire depuis toujours. Cette région est, en réalité, déjà habitée depuis l'époque gallo-romaine mais devient une véritable ville à partir du XVI<sup>ème</sup> siècle.

### 1787 Création du bassin du commerce

Le port s'ouvre au commerce international ce qui permet à la ville de se développer. C'est un des quatre grands ports coloniaux français ce qui le rend assez notoire. Louis XIV Valide le plan de F-L. Lamandé qui élargit l'enceinte de la cité vers le Nord. Le bassin du commerce qui est, encore aujourd'hui, un point important de la ville est créé en 1787.

### 1852 Destruction des remparts

La ville connaît une expansion rapide grâce à la révolution industrielle. C'est à ce moment-là que le Havre prend de l'importance et que les grands axes qu'on peut encore voir aujourd'hui se mettent en place. C'est-à-dire : boulevard Foch, boulevard de Strasbourg, l'hôtel de ville. La surface est multipliée par neuf et la population double

### Situation avant les bombardements

Avant les bombardements, les tissus anciens avec les différentes strates amenées par l'histoire forment un maillage. Le plan du Havre est assez ordonné depuis sa création. Toutefois, les grands axes sont un peu déséquilibrés, la ville ne bénéficie pas d'une réelle centralité. Le sud de la ville est très dense par rapport au Nord.

### 1944 Bombardements sur la Normandie

La ville du Havre connaît le bombardement le plus meurtrier dans l'histoire de la France. Tout le centre et le quartier du port ont été réduits à un tas de ruines en quelques heures. De nombreux habitants sont tués et aucun immeuble ne fait l'objet d'une potentielle restauration. Le Havre est une des villes les plus sinistrées de France. On parle d'une réelle Tabula rasa.

### 1950 Chantier en cours

La gravité extrême de la situation permet de repartir sur un projet totalement libre. Le chantier commence en 1946 suite à une longue étude relative au master plan par l'atelier Perret.. Le permis de construire est obtenu dans le courant de l'année 1948. Il donne la priorité aux axes déterminants du master plan : la place de l'hôtel de ville.

### 2005 Classement UNESCO

Ville reconstruite entièrement selon le master plan de l'atelier Perret. Cette date correspond au classement au patrimoine mondial de l'Unesco du centre-ville reconstruit de la ville du Havre. Il sera alors protégé de toute modification.



*Figure 35 : photo d'archive de chantier des ISAI*

## 2. Les Ilots Sans Affectation Individuelle de la place de l'hôtel de ville

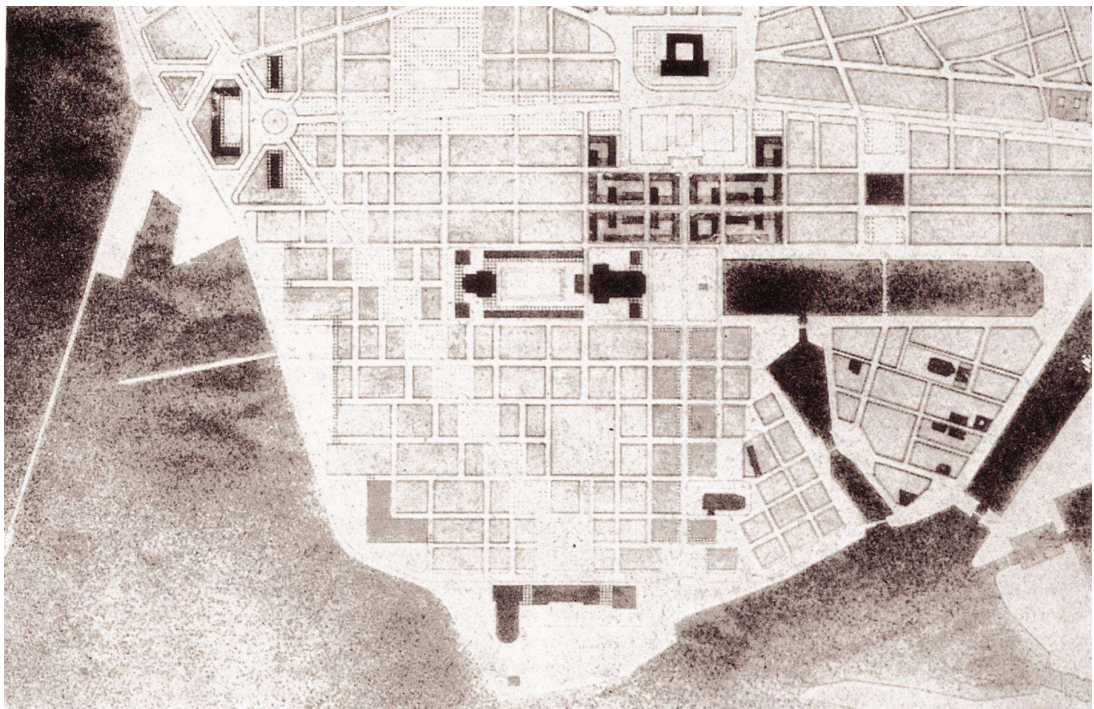
L'entière de la ville conçue par l'équipe Perret est organisée selon une trame dimensionnelle à module carré de 6,24 mètres de côté. Les immeubles d'habitation mais également les espaces urbains extérieurs répondent à cette même logique. Auguste Perret décrira ce processus comme une composition musicale. Cette trame a permis la standardisation des bâtiments et une facilité de conception qui a généré d'importantes économies.

Selon les principes de Perret, l'ossature ne doit être masquée par aucun élément de revêtement. La constitution de la structure doit être identifiable et hiérarchisée selon les principes constructifs. Ce style correspond au classicisme structurel qui a pour objectif de rendre lisible le phasage du bâtiment et les techniques qui ont permis de l'édifier.

La place de l'hôtel de ville a conservé son emplacement origine d'avant-guerre. Elle se situe au point de rencontre entre la ville reconstruite et les tissus anciens. Elle est reconnue par les habitants comme un repère au centre du centre reconstruit.

Les immeubles qui la bordent sont appelés « ISAI » Immeubles sans affectation Individuelle. Ils ont été commandés par l'état en 1945 et ont été les premiers à être construits. Leur exécution a donc été un chantier laboratoire pour l'ensemble de la ville. Ils ont permis la mise au point des typologies et l'articulation des volumétries. Quatorze ilots forment la place, les ilots V40 et V41 sont situés au sud de l'hôtel de ville.

On retrouve de nombreuses typologies de logements dans les immeubles conçus par l'atelier Perret. Ils témoignent tous d'une attention particulière à la qualité technique des immeubles. Les surfaces limitées sont compensées par l'utilisation juste de chaque mètre carré intérieur. De nouveaux modes de vie sont offerts aux habitants.



*Figure 36 : plan définitif de l'atelier Perret 1946*

## **II. Identification des particularités patrimoniales du cas d'étude**

Le site de la ville reconstruite du Havre est classé au patrimoine mondiale de l'Unesco. Il s'agit d'un ensemble impressionnant de par ses qualités architecturales et la cohérence de l'entièreté du projet. La reconstruction du Havre est également témoin d'une époque phare de notre histoire. La période de la reconstruction suite à la seconde guerre mondiale.

Les particularités patrimoniales de l'ensemble se retrouvent notamment dans les moyens mis en œuvre pour le construire mais aussi les impressionnantes innovations expérimentées dans les logements. Cet ensemble de logements sociaux est très agréable à vivre et représente encore aujourd'hui une référence considérable en architecture.



*Figure 37 : Les architectes de l'atelier Perret sur chantier*

### 3. L'atelier de la reconstruction au Havre

La ville reconstruite du Havre a été construite par un atelier de dizaines d'architectes, disciples et élèves de Perret. Ce sont des anciens élèves d'Auguste Perret qui l'ont contacté pour lui demander de les soutenir et de les encadrer dans la conception de ce master plan. Les deux architectes à l'origine de cette initiative sont Jacques Guilbert et Pierre Edouard Lambert.

C'est seulement grâce à cet atelier que Auguste Perret est considéré comme l'architecte de la ville reconstruite du Havre. Sans les architectes qui font partie de l'atelier Perret, il n'aurait probablement jamais été contacté pour le projet.

C'est en novembre 1944 que le noyau actif du groupe Perret prend contact avec le MRU<sup>20</sup>. Les entrevues débouchent sur le dépôt d'une proposition d'atelier de reconstruction « Auguste Perret » par le ministre Raoul Dautry. Cet atelier regroupe 60 architectes dont l'architecte en chef est Perret. Il mentionne également 100 à 150 architectes collaborateurs. Quelques semaines plus tard, le 1er février 1945, Jacques Guilbert annonce que le ministre Dautry a confié à Auguste Perret la reconstruction de la ville du Havre. Une agence d'architecture au nom de l'atelier de la reconstruction du Havre est alors fondée.

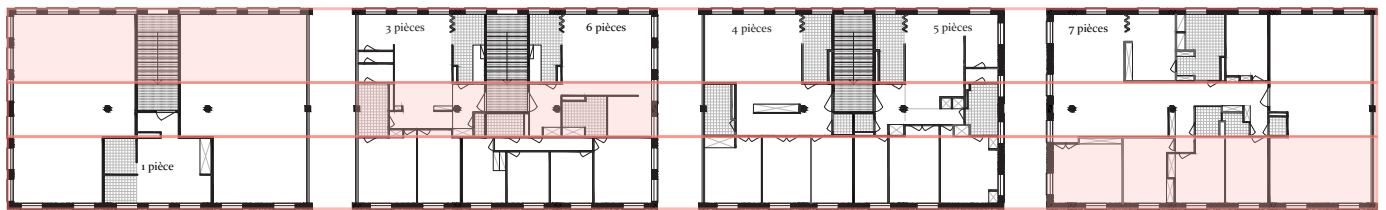
Une fois que l'atelier était formé et que le maître Perret avait accepté de les suivre, les architectes ont commencé à dessiner des esquisses. Un long processus de recherches et de propositions est alors entamé afin de trouver la conception idéale. La richesse des esquisses de l'équipe s'oriente progressivement vers le plan définitif. Il apparaît comme une synthèse des études des architectes qui constituent le noyau. Deux étapes se succèdent dans la mise au point du plan : la première aboutit à un projet qui systématise les options. La seconde étape consiste à résoudre les incohérences du plan précédent sans remettre en cause fondamentalement sa structure.

### 4. Le classement au patrimoine mondial UNESCO

Les ISAI sont assez mal accueillis par le public dans un premier temps. L'étroitesse des logements effraie et l'esthétique est particulière. Les habitants se plaignent du caractère archaïque des grandes compositions. Le conseil municipal et le maire se plaignent du coût trop élevé des ISAI par rapport aux coûts moyens de la reconstruction dans d'autres villes françaises. Au fur et à mesure, ils vont s'y habituer et Perret sera reconnu comme le grand maître architecte qu'il est. Le Havre est le seul site reconstruit de sa période inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco. Les innovations qu'il représente et les nouveaux dispositifs mis en œuvre pour organiser la ville ainsi que l'harmonie mise en place par Perret et son atelier sont exceptionnels. La cohérence du tissu urbain produit une architecture inédite. Le point fort de la reconstruction du Havre est que l'urbanisme moderne se mélange avec le tissu traditionnel pour créer un ensemble cohérent.

---

<sup>20</sup> Ministère de la Reconstruction de l'Urbanisme fondé en 1944 (« MRU »)



*Illustration des différentes travées identifiables au sein des différentes typologies de logement*

Cette nouvelle ville va représenter un exemple à l'international des capacités constructives du béton armé. Le Havre a été nommé au patrimoine mondial de l'Unesco en 2005. En effet, le centre reconstruit répond à trois critères qui font de lui un site remarquable.

**Critère I** Auguste Perret est un des architectes les plus remarquables de son temps, il est considéré comme l'héritier de la tradition rationaliste française. L'église Saint-Joseph et l'hôtel de ville du Havre sont deux édifices majeurs de l'œuvre de Perret. Il montre à ce moment-là les résultats de ses recherches sur le béton armé qui l'ont animé toute sa vie. De nombreux autres bâtiments présents au Havre sont exceptionnels et forment ensemble une ville raffinée. Bien que ce mélange soit unique et inattendu, il représente parfaitement la richesse du patrimoine havrais.

**Critère II** Le tissu urbain du Havre a la particularité de trouver un équilibre harmonieux entre les nouvelles exigences de l'urbanisme moderne et les formes de la ville ancienne traditionnelle. La grande échelle du chantier de reconstruction représente un idéal, pourtant, Perret arrive à y réaliser un ensemble moderne fonctionnel. La ville est représentative des pensées de l'époque et des débats qui en ont découlé notamment le début de la fabrication industrielle.

**Critère IV** Le Havre est un ensemble typique de la période de la reconstruction et du XX<sup>ème</sup> siècle. Il représente la réalisation de ce dont les rescapés ont rêvé après avoir connu la souffrance. Particulièrement en Normandie, une partie de la France durement ravagée par les bombardements et dont il ne restait plus rien. La notoriété de Perret lui permet d'avoir une liberté totale sur le chantier et de pouvoir y expérimenter des techniques innovantes. La ville qui avait l'ambition de devenir une des plus belle d'Europe après avoir été détruite, est pensée comme un tout. Des réseaux urbains, aux équipements en passant par les aménagements intérieurs, le tout constitue un laboratoire urbain. Le Havre est un concentré d'innovation avec une richesse observée nulle part ailleurs.

## 5. Les logements innovants

La configuration interne des appartements répond aux exigences de l'orientation et l'ensoleillement. Ils répondent également aux nouveaux standards d'équipements domestiques et de distribution d'énergie. Le chantier du projet de la reconstruction de l'atelier Perret au Havre a fait l'objet de nombreuses expérimentations et surtout de nombreuses innovations ont été présentées.

L'architecture mise en place pour le Havre est le produit d'une recherche propre aux disciples de Perret. Tout le groupe s'est rassemblé autour de la même ambition de faire régner la doctrine de leur maître : Auguste Perret. Il n'est donc pas étonnant que le projet de ville qui en est ressorti reflète les grands concepts de l'architecte en chef. L'atelier de la reconstruction qui a agi au Havre est un des premiers de son type ce qui est aussi une innovation en soi. Le groupe a été engagé par le MRU pour reconstruire la ville sinistrée. Les I.S.A.I. ont été leur champ d'expérimentations. Il est important de mentionner que ces immeubles sont les premiers à avoir été financés par l'état. Les contraintes sont donc assez précises notamment en termes de densité. Le groupe a choisi de réinterpréter l'ilot traditionnel avec des nouvelles typologies ou du moins peu répandues. La tour et la barre ont fait leur apparition dans l'entre-deux guerres mais sont ici démocratisées et mises en application dans un centre urbain.



*Figure 38 : photo aérienne de la place de l'hôtel de ville*

Pour les techniques de construction, les innovations présentées sont nombreuses. L'ossature des immeubles est en béton armé apparent. Encore une fois, ceci n'est pas étonnant compte tenu de l'architecture de Auguste Perret et ses principes de classicisme structurel. L'orientation des îlots est réfléchi pour que les ombres portées ne dépassent pas le premier étage des autres immeubles. Ils sont orientés Est-Ouest ce qui est optimal au niveau de l'ensoleillement. Ensuite, pour les équipements techniques, l'atelier a mis en place des technologies très innovantes pour l'époque. La chaufferie est centrale et unique pour les deux îlots V40 et V41. La ventilation et aération sont également très réfléchi ce qui permet aux habitants d'avoir un confort de vie supérieur à la moyenne.

Concentrons-nous maintenant sur une échelle encore plus réduite et observons le niveau de soin qui est apporté aux détails de construction et à l'élaboration de l'enveloppe. En réalité, les I.S.A.I. du Havre vont présenter beaucoup de caractéristiques qui règlent dans les moindres détails les aspects constructifs et architecturaux des immeubles futurs.

Le mode de construction utilisé est un système poteaux dalle avec une ossature secondaire qui permet aux cadres de baies de se développer du plancher au plafond. Pour protéger les façades, les balcons sont installés en saillie. L'isolation thermique et phonique ont été particulièrement soignées. Les dalles de remplissage de l'ossature sont renforcées par des parpaings de mâchefer et par du plâtre séparés par des vides d'air. Les fenêtres sont équipées de double vitrage. Pour éviter la nuisance sonore, les cloisons sont séparées de la dalle de béton. Un lit de sable est coulé sur la dalle de béton pour la séparer du parquet. Les lambourdes de ce parquet sont posées sur un bain de bitume.

Enfin, pour ce qui est de la distribution et des logements, la réflexion est bien entendue tout aussi poussée. Les appartements répondent également à la trame de 6,24 mètres ce qui permet d'établir des plans types qui seront répétés à l'infini. Selon Auguste Perret, tout ce qui occupe l'espace appartient à l'architecture. Pour la configuration des appartements, l'atelier va appliquer ce principe et prendre en compte les moindres détails. Les appartements répondront donc à des standards élevés. De nouvelles pièces et aménagements apparaissent parmi lesquels on peut citer :

- L'entrée joue un rôle de vestibule et de plateforme distributive du logement
- Le séjour devient la nouvelle pièce qui rassemble le salon et la salle à manger
- Toutes les pièces (chambres et cuisine) s'ouvrent sur le séjour
- Les sanitaires sont au centre du logement (pas de lumière du jour nécessairement) et dans le prolongement direct du vestibule
- Les chambres sont petites pour être meublées donc on y encastre des placards.

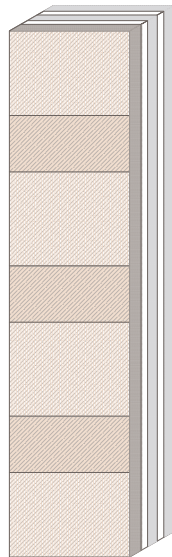
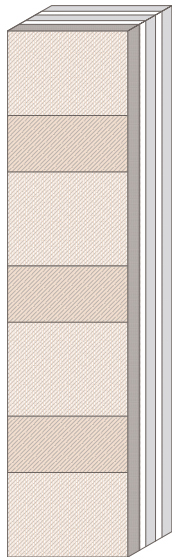
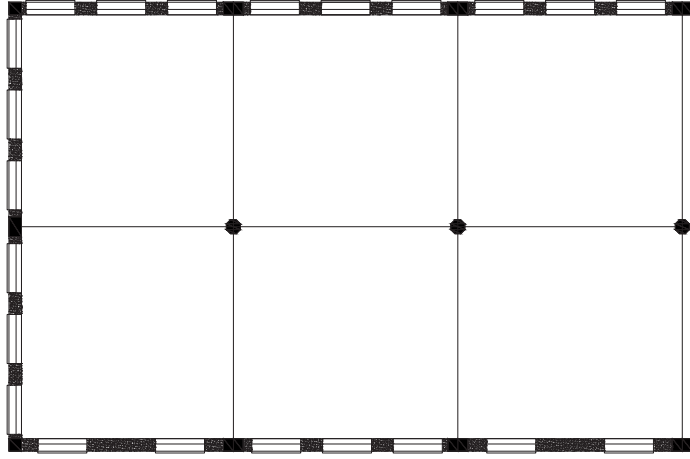
La réduction de l'espace attribué des appartements est donc compensée par une très bonne gestion des mètres carrés.



*Figure 39 : photo aérienne Le Havre vue vers l'église Saint-Joseph*

### **III. Identification des particularités architecturales du cas d'étude**

Les îlots ISAI de la place de l'hôtel de ville du Havre ont énormément de qualités architecturales. L'atelier Perret a travaillé durant plusieurs années, à plusieurs collaborateurs sur un master plan qualitatif. Des espaces urbains aux placards des logements, tout est conçu dans le détail et suivant la trame de 6,24 mètres. Elle est respectée rigoureusement et à toutes les échelles du projet. Le soin apporté aux détails constructifs et à la mise en œuvre des différents matériaux rend l'ensemble d'autant plus intéressant. Les logements sont étudiés par rapport à l'ensoleillement et la qualité de vie des habitants et tous les détails sont réfléchis.



## 1. La trame modulaire

L'ensemble de la ville reconstruite répond à une trame orthogonale et symétrique de 6,24 mètres. L'élément de la trame est largement utilisé à l'époque. Le module choisi correspond à environ deux places de parking. Dans la plupart des projets modernistes conçus selon des trames, celles-ci varient entre 5,5 et 7 mètres pour cette raison.

Pour Auguste Perret cette trame représente un élément de composition important. Les façades et les aménagements intérieurs sont réglés par la trame ainsi que toutes les compositions des espaces urbains environnants. Le plan de l'intérieur des îlots et de l'entièreté du master plan également. Les espaces urbains qui entourent les bâtiments comme la place de l'hôtel de ville sont aussi totalement régis par la trame.

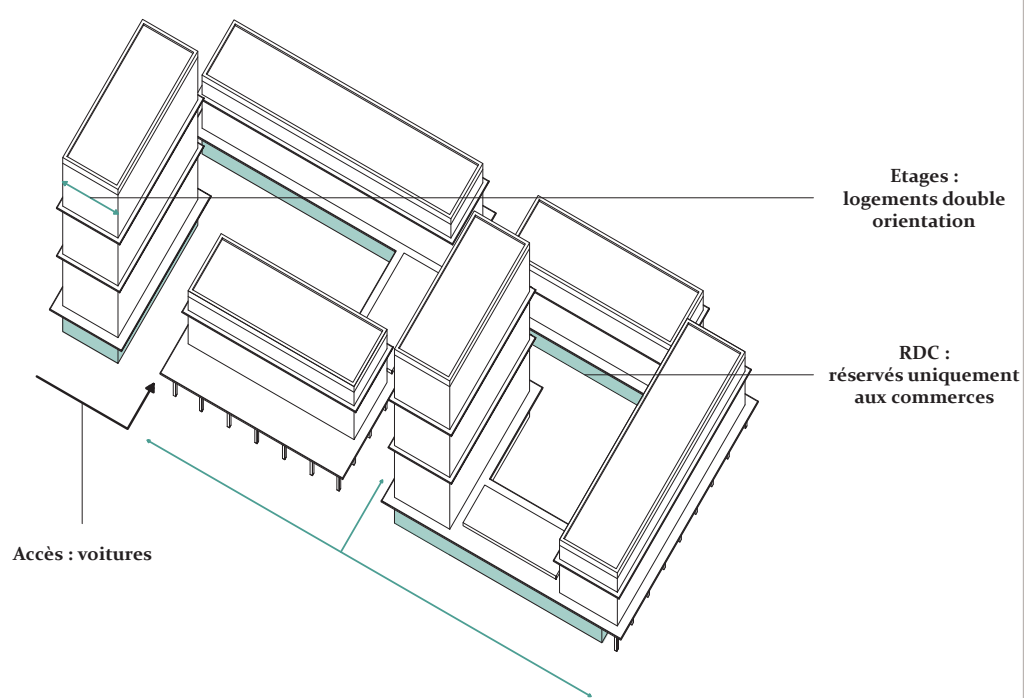
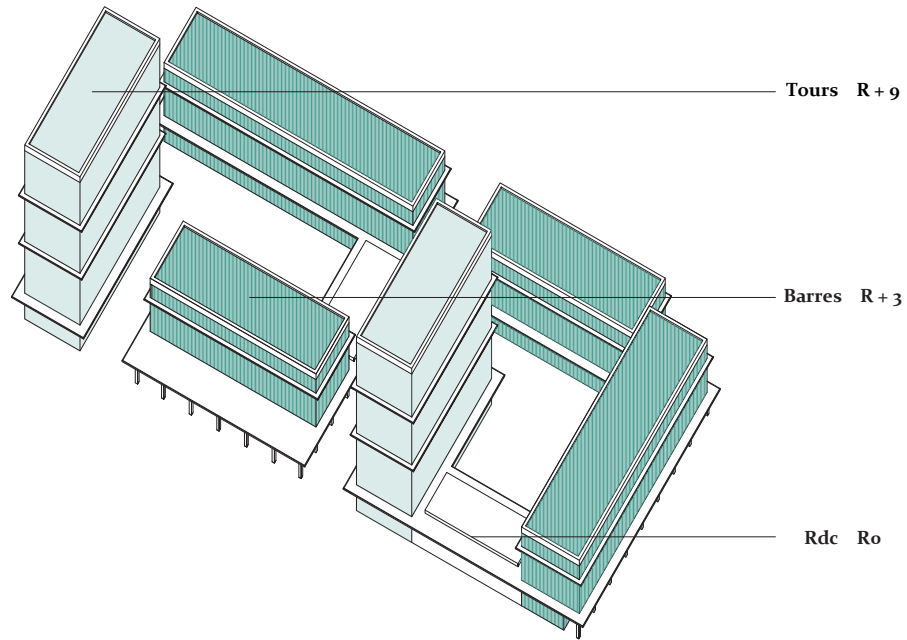
Au niveau de la façade, les travées sont toutes de dimensions identiques. On retrouve deux à trois ouvertures par travée. Les façades sont strictement symétriques et orthogonales.

Dans les logements, les cloisons sont disposées selon la trame également et le moindre élément de composition des chambres aux étagères est réglé par cet élément. L'avantage est que la conception est rapide et claire. Toutes les entités de logement ont une largeur de 12,48 mètres. Les longueurs les hauteurs varient pour créer différentes typologies.

Cette trame rythme l'entièreté de la ville. Le master plan est d'une cohérence intransigeante. La ville est alors dotée d'une sorte de grillage au sein duquel chaque élément vient trouver sa place. Pour l'intérieur des appartements, la composition modulaire est un avantage car elle permet une certaine flexibilité et adaptabilité.

## 2. La préfabrication

La préfabrication est essentielle à la construction rapide mise en place sur le chantier du Havre. Les éléments de structure sont coulés sur place. Encore une fois, la trame est respectée ce qui permet de réutiliser les coffrages pour les différentes compositions. Les panneaux de remplissage sont préfabriqués en atelier. Ils sont composés et assemblés dans des entrepôts proches du chantier. Ils sont ensuite transportés et mis en place sur le chantier. Les panneaux de remplissage ont une composition assez complexe. Ils sont composés de béton, de carreaux de plâtre et de lames d'air. Ils sont particulièrement performants pour l'époque. Non seulement, s'intègrent-ils parfaitement géométriquement au sein de la composition mais encore présentent-ils des caractéristiques thermiques, techniques et acoustiques impressionnantes pour les connaissances de l'époque.



### 3. Les logements

Les ilots V40 & V41 sont constitués de deux tours, quatre barres et deux entités au rez-de-chaussée.

Tous les rez-de-chaussée sont exclusivement réservés aux commerces. Les logements se développent aux étages. Il existe une variété de typologies. Chaque typologie respecte la trame modulaire fixée par l'architecte ce qui permet de composer des ensembles différents à chaque étage. Les distributions verticales sont fixes et distribuent chacune deux ou trois appartements à chaque étage.

Il existe aujourd'hui des studios et des appartements de 2 à 6 chambres. Tous les logements répondent à une organisation similaire. Une travée pour les cuisines et séjours, une travée pour les vestibules et sanitaires et une travée pour les chambres. Tous les appartements bénéficient d'une double orientation, sauf les studios qui sont la seule exception. En effet, Auguste Perret accordait une attention particulière à la distribution de la lumière. L'étude des ombres portées témoigne de cette attention. Tous les appartements sont bien éclairés et les hauteurs de chaque entité sont réfléchies par rapport à la course du soleil.

Les logements sont pensés autour de la vie de famille. Ils sont agréables à vivre mais respectent les dimensions des logements sociaux. Ils sont donc aujourd'hui relativement petits pour les normes de confort actuelles. Les chambres d'enfant ne dépassent pas les neuf mètres carrés de surface. Ces chambres sont donc un peu exigües.

Aucun espace commun n'est intégré à la composition des ilots. Il ne s'agit que de logements. Certes les typologies sont multiples mais aucune typologie ne se développe en hauteur. Toujours dans une optique d'efficacité, elles sont très rigides et correspondent aux ménages types des années mille neuf cent cinquante.

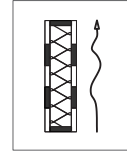
**Facade et structure :  
gestion du béton armé**

Identifier les endroits où le béton est en moins bon état et vérifier que la structure est assez performante pour pouvoir restaurer ponctuellement



**Performances énergétiques :  
isolation, ventilation et étanchéité**

Travail sur l'enveloppe des ilots (parois et chassis en premier lieu) afin de garantir une meilleure isolation thermique



**Aménagement intérieur :  
adaptation des typologies**

Travail sur les typologies et la manière dont elles sont distribuées au sein de l'ensemble. Créer une composition fidèle aux besoins locaux et modernes



**Espaces partagés :  
intérieurs et extérieurs**

Réflexion sur les espaces communs afin de générer un vivre ensemble et une vie en communauté avec des espaces accessibles pour tous



*Articulation entre travail écrit et projet : les quatre leviers de projet définis au cours de la recherche théorique s'appliquent au cas d'étude*

#### **IV. Traduction en projet d'architecture**

**REHABILITER & ADAPTER**  
Ilots V40 et V41



Bâtiment pérenne et respectueux de l'environnement



Créer des liens entre les habitants et améliorer la qualité de vie



Bâtiment adapté aux besoins de la population



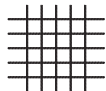
Respecter la valeur patrimoniale et architecturale de l'ensemble

Intégration des 4 leviers de projet

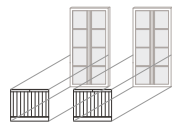
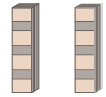
**Caractéristiques qui impactent le confort : à MODIFIER**

Eléments qui constituent le PROGRAMME

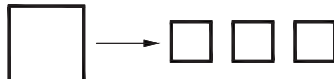
**I. Les éléments abîmés**



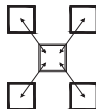
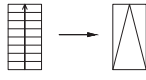
**II. La composition de l'enveloppe**



**III. Organisation des typologies**

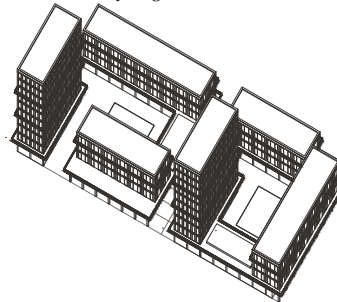


**IV. Les accès et modes d'habiter**

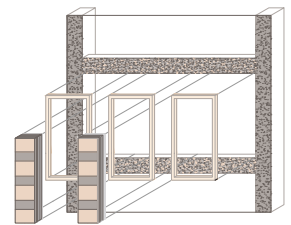


**Caractéristiques à valeur patrimoniale : à CONSERVER**

**I. Trame et aspect général**



**II. Eléments structurels porteurs**



**III. Esthétisme du dessin de façade**



**IV. Architecture intérieure des appartements**



**Trame cuisines et séjours**

Cuisines ouvertes  
Séjour : salon et salle à manger  
Pièces de vies ouvertes et lumineuses

**Trame salles d'eau et espaces de circulations**

Salles d'eau au centre : pas besoin de lumière naturelle  
Halls d'entrée et accès : circulations aérées

**Trame chambres**

Ouvertes vers l'intérieur d'îlot : vue plus privée  
Suite parentale et chambres enfants

## 1. Démarche conceptuelle

Avant de déterminer le programme qui s'applique au projet, il y a lieu de définir la démarche architecturale face au patrimoine qui va nous accompagner au long du projet.

Suite à la rédaction du travail théorique et à la compréhension en profondeur de l'architecture d'Auguste Perret, il nous est possible de déterminer quels éléments sont à conserver absolument et quels éléments il est possible de modifier. C'est cette démarche que nous avons mis en place afin de déterminer les interventions possibles sans dénaturer l'architecture d'Auguste Perret.

L'aspect général et l'esthétique extérieure seront à conserver. Les ilots garderont leurs formes avec les tours et les barres qui s'alternent pour créer une composition harmonieuse. Les jeux de reliefs, de couleurs, et le dessin précis de la façade seront également conservés. A l'intérieur, les logements garderont leur luminosité et les travées mises en place par Perret seront conservées. Les compositions respecteront bien évidemment la trame de 6,24 mètres et les caractéristiques resteront similaires.

Toutefois, afin d'améliorer les performances énergétiques, les compositions de façade seront modifiées. Les panneaux de remplissage seront isolés ainsi que les planchers et les plafonds. D'un œil extérieur, les modifications seront minimales et presque imperceptibles. Les bétons en façade seront restaurés afin de leur rendre leur aspect d'origine. Les typologies seront modifiées afin de répondre aux besoins de la population. A certains endroits les modifications seront plus intenses que d'autres. Ainsi, un témoin restera fidèle aux compositions de l'époque.

La modification la plus notable sera celle qui concerne les intérieurs d'ilots. Les accès et les modes d'habiter seront en effet revus. Les jardins intérieurs seront retravaillés pour les rendre agréables à vivre et accessibles à tous. C'est le seul élément visible de l'extérieur qui sera modifié.

Pour chaque modification ou conservation, la question se pose : quelle est la balance à effectuer entre conservation du patrimoine et amélioration du confort et des performances énergétiques en regard de l'état actuel du bâtiment. ? Si l'intervention est trop lourde ou non justifiée, l'élément sera conservé. Si l'intervention est réaliste et engendre une amélioration importante, elle sera envisagée.

Suite à ces différentes décisions, une méthodologie de projet se dessine. Elle sera appliquée aux ilots. Le projet et l'intervention se précisent. Le phasage reste encore à déterminer mais il s'agira d'une période d'analyse suivie par un démontage des éléments abimés ou à remplacer. Ensuite, les interventions intérieures, extérieures et sur les abords seront entreprises. Pour une réhabilitation réussie, le chantier se veut bien organisé et les étapes définies avec précision.

### Structures et façades

Corniche du bâtiment

Dalles en porte à faux et balcons filants sur le pourtour du bâtiment

Encadrements de baies en béton (préfab.)

Poteaux et dalles en béton armé visibles en façade

Fondations profondes : pieux en béton

#### Diagnostic et analyse

**DESCENTE DE CHARGES**  
Analyse de la structure et de comment elle fonctionne pour comprendre si on peut intervenir localement ou non

**ARMATURES CORROSEES**  
Milieu sensible car exposés aux vents marins (proximité de la mer)  
Analyse des armatures qui présentent des pathologies probablement beaucoup de corrosion du à la carbonatation pas visible à l'oeil nu

**COMPOSITION DU BETON**  
Analyse de la composition du béton mis en oeuvre par A. Perret  
Il ajoute parfois de l'ocre ou d'autres colorants dans les compositions  
Important de le savoir pour rénover comme à l'origine

#### Restauration

**REINFORCEMENT DES FONDATIONS**  
Si la structure est un peu fragile, il est prudent de renforcer les fondations avant d'intervenir sur la structure  
Sinon le bâtiment est soumis à un risque de rupture lors de l'intervention

**REMPLACEMENT DES ARMATURE**  
L'enrobage des armatures est retiré afin d'atteindre les armatures endommagées  
Ensuite, on les restaure ou on les remplace en fonction de l'état dans lequel on les trouve

**NOUVEAU ENROBAGE**  
Un nouveau béton est alors coulé pour renover en nouvelles armatures, ce béton est semblable au plus possible au béton d'origine

### Performances énergétiques

Dalles qui se prolongent jusqu'à la façade : Ponts thermiques

Panneaux préfabriqués :  
7 cm de béton  
6 cm de carreaux de plâtre  
4 cm de lame d'air  
6 cm de carreaux de plâtre

Profilés chassis en bois (à l'origine)  
simple vitrage et petit bois

#### Isolation thermique

**ITI**  
+ Bonne isolation  
+ Aucune modification sur la façade  
- Intervention intérieure  
- Encadrements des joints thermiques aux dalles  
U = 0,42 W/m²K

**ITLA**  
+ Intervention légère  
+ Conservation des proportions  
+ Prix d'impact sur la façade  
- Meilleure isolation  
U = 0,44 W/m²K

**ITE**  
+ Plus de pont thermique  
+ Intérieur conservé  
- Intervention très lourde  
- Nouvelle façade : pas de conservation  
U = 0,4 W/m²K

#### Profilés de chassis

**CHASSIS EXISTANT**  
Profilé bois, Simple vitrage  
Épaisseur : 65 mm & Petit bois

**CHASSIS Modifié**  
Profilé bois, Double vitrage  
Épaisseur : 65 mm & Petit bois

**CHASSIS Remplacé**  
Profilé bois, Double vitrage  
Épaisseur : 65 mm & Petit bois

### Organisation intérieure

Circulations verticales

RDC : Commerces

Petits logements : 1 à 3 pièces

Grands logements : 4 à 7 pièces

Typologies des appartements mal réparties et peu représentative

Aucun appartement destiné au logement collectif

Aucun appartement destiné aux personnes à mobilité réduite

#### Population havraise

1 personne

Couple sans enfants

Couple avec enfant(s)

Familles monoparentales

Autres

0 à 14 ans : enfants

15 à 29 ans : étudiants

30 à 44 ans : adultes / parents

45 à 59 ans : adultes / parents

59 à 74 ans : retraités

75 ans et plus : personnes âgées

Répartition par rapport aux ménages : besoin de petits logements et logements adaptables

Répartition par rapport aux tranches d'âges : besoin de logements pour jeunes adultes co-logements + besoin de logements pour PMR

#### MODIFICATION DES TYPOLOGIES

Typologies supprimées car trop grandes et peu fonctionnelles par rapport à la norme : 7 pièces

Nouvelles typologies d'appartements en duplex : plus d'espace et de lumière

#### INTEGRATION DE LOGEMENTS ETUDIANTS & COLOCATIONS

Logements qui sont aménagés pour un usage communautaire avec des grands espaces communs

#### INTEGRATION DE LOGEMENTS POUR LES PMR

Logements adaptés pour la circulation de PMR, pour les chaises roulantes et facile d'accès

### Espaces partagés

Seuls espaces partagés intérieurs = circulations verticales et halls d'entrée

Intérieur d'îlot monopolisé par la voiture

Maigres trottoirs pour les piétons et espaces verts limités

Intérieur d'îlot pas adapté à la circulation de personnes à mobilité réduite

Aucun dispositif prévu pour les cyclistes / trotinettes / ...

#### Espaces partagés extérieurs

INTERIEUR D'ÎLOT : SANS VOITURE DE PLEIN PIED

INTEGRATION DE PARKINGS POUR LES VELOS

MODIFICATION DES JARDINS PARTAGES

En faire un espace accueillant et accessible ou un pour partager des moments de vie commune

#### Espaces partagés intérieurs

Chambre + Salon partagé + Cuisine partagée

PIECE DE VIE SUPPLEMENTAIRE

BUREAU ESPACE DE TRAVAIL

ESPACE de coworking

SALLE DE JEUX AUX LOISIRS

Salle de sport / Salle de musique

ESPACE OUVERT VERS L'EXTERIEUR

Terrasse / Jardin d'hiver / Serre / Espace potager

## 2. Programmation

La mise en place de la programmation découle des quatre leviers de projet mis en place lors du travail théorique. Suite à la réflexion sur la démarche conceptuelle et l'identification des caractéristiques à conserver ou à modifier, le programme se précise.

Dans un premier temps, pour les éléments **de structure et de façade**, un diagnostic et une analyse préliminaire sera réalisée. Ainsi, la compréhension du bâtiment sera complète. Il est impératif de vérifier que les fondations soient suffisantes pour supporter une intervention de restauration. Cette intervention de restauration aura lieu dans un second temps pour redonner aux éléments en béton leur compétence et aspect d'origine.

Ensuite, en ce qui concerne **les performances énergétiques**, une isolation thermique supplémentaire est nécessaire. Après l'évaluation des plusieurs possibilités qui s'offrent à nous, le choix porte vers une isolation par les lames d'air. Ceci sera combiné avec une isolation des planchers et des plafonds pour éviter les ponts thermiques au maximum. Les châssis seront également remplacés. L'installation d'un double vitrage dans les profilés existants étant trop compliquée et trop onéreuse, le choix se porte vers un nouveau profilé en bois qui respectera les proportions du profilé d'origine. La toiture sera également isolée et végétalisée. Avec l'isolation et le remplacement des châssis, l'enveloppe constituera dès à présent une bonne barrière contre l'environnement extérieur.

Au niveau de **l'organisation intérieure**, les typologies seront redistribuées pour créer des ensembles qui correspondront à la population contemporaine. Une réflexion sur les typologies en duplex est menée afin de les intégrer aux compositions des ilots. Des logements adaptés aux PMR seront également intégrés dans les tours qui accueilleront désormais des ascenseurs conformes.

Enfin, les **espaces partagés intérieurs et extérieurs** seront retravaillés afin d'offrir aux habitants une possibilité de vie commune. Des pièces seront converties en espaces communs à l'intérieur. Celles-ci accueilleront des espaces de détente et de loisirs. A l'extérieur, les jardins seront retravaillés pour les rendre inclusifs et accessibles à tous.

**L'ensemble de ces quatre leviers mis en articulation et intégrés à la composition des ilots V40 et V41 de la place de l'hôtel de ville au Havre constituent un exemple de réhabilitation. Le projet tente de démontrer qu'il est possible d'adapter un ensemble de logement construit par Auguste Perret il y a une centaine d'années aux modes de vie d'aujourd'hui. La réhabilitation ne dénature pas l'architecture et la respecte tout en améliorant les performances énergétiques ainsi que le confort et le bien être des habitants.**

## Bibliographie

### *Mémoires*

- Bressani, M.** (1985) Auguste Perret and the building at 25b rue Franklin. McGill University, Montreal, Canada
- Cruysmans, M.** (2021). Evaluation de la résistance résiduelle des structures en béton armé soumises à la corrosion. UCLouvain.
- Laruelle, S.** (2016). Rénovation énergétique et architecturale de la maison Strebelle. Université de Liège.
- Leclercq, N.** (2016). La reconstruction du Havre par l'atelier Perret : un cadre favorable pour accueillir la diversité. ENSAP Lille, France.
- Massoulès, F.** (2015). Notre-Dame du Raincy, 1923 : Auguste Perret et le classicisme structurel. Architecture, aménagement de l'espace. Toulouse, France.
- Quittelier, E.** (2016). Equilibre entre le respect des normes actuelles et la conservation des structures patrimoniales. Université de Liège.

### *Articles*

- Basyn, J-M.** (2019). La patrimonialisation du béton. *patrimoine.brussels* [En ligne]
- Bicheron, G. & Leclerc, P.** (2016). AVAP valant SPR, centre reconstruit. *Municipalité du Havre*. [En ligne]
- Chauvin, E. & Gencey, P.** (2007). L'appartement témoin de Perret au Havre : un idéal moderne. *Histoire urbaine*. [En ligne]
- De Jonge, W. & Doolar, A.** (1997). The fair face of concrete and repair of exposed concrete. Eindhoven University of Technology [En ligne]
- Delaittre, O.** (2014) Le restaurant du CEA saclay : une réinterprétation contemporaine de l'œuvre d'Auguste Perret.. *Dossier de presse*. [En ligne]
- Denoël, J-F. & Espion, B. & Hellebois, A. & Provost, M.** (2013) Histoires de béton armé : Patrimoine, durabilité et innovations. *Febelcem* [En ligne]
- Du Chazaud, V.** (2013). Perret, Le Corbusier et Prouvé , les trois piliers de l'architecture moderne française. *Architectona* [En ligne]
- Espion, B.** (2019). La renommée internationale de la Belgique dans l'histoire du béton. *patrimoine.brussels* [En ligne]
- Gourbin, P.** (2001) Découverte et protection du patrimoine ancien du Havre. *Villes et guerres* [En ligne]
- Guillot, X.** (2006). Logement et mouvement moderne : un héritage bâti à l'épreuve du temps. *Université Saint-Etienne*. [En ligne]
- Jean, R.** (1969). La nouvelle ville du Havre. *Norois*. [En ligne]

- Leménorel, A.** (2001). Le patrimoine maritime havrais et ses acteurs. *Persée.fr* [En ligne]
- Licordari, M.** (2015). Le béton armé dans le concept de patrimoine à préserver. *OpenEditions.org* [En ligne]
- Tournant, J-E.** (1953) La reconstruction du Havre. Urbanisme, remembrement et architecture. *Etudes normandes*. [En ligne]
- Novarina, G. & Ruault, J-F.** (2016). Le centre reconstruit du Havre. *LABEX AE&CC* [En ligne]
- Vetter, W.** (1954). Auguste Perret, l'homme, le constructeur, l'architecte. *Bulletin technique de la suisse normande*. [En ligne]
- Ville de Grenoble** (2019). La restauration de la tour Perret démarre. *Dossier de Presse*. [En ligne]

#### *Ressources*

- CSTC (Buildwise)** – Article : Evaluation de l'état des ouvrages en béton : pourquoi, quand et comment ? (2020)
- CSTC (Buildwise)** – NIT 231 : Réparation et protection des ouvrages en béton (bâtiment et génie civil (2008)
- NBN EN 13670** – Norme belge : Exécution des structures en béton (2010)
- Rondeaux J-F.** – Conception des structures I (Année académique 2021-2022)
- Unesco** – Plan de gestion (2018) Le Havre : la ville reconstruite par Auguste Perret
- Unesco** – Dossier de proposition d'inscription sur la liste du patrimoine mondial (2005)  
Le Havre : la ville reconstruite par Auguste Perret
- Archives du Havre** – Dossier pour la demande du permis d'urbanisme original (1948)  
Intégralité des plans/coupes/détails

#### *Livres*

- Abram, J.** (1989). L'équipe Perret au Havre : utopie et compromis d'une reconstruction. *Ecole d'architecture de Nancy LHAC*. [Archives du Havre – Format papier]
- Abram, J.** (1985). Perret et l'école du classicisme structurel : Tome 1 et 2. *Ecole d'architecture de Nancy SRA* [En ligne]
- Capelle, J-F.** (2016). Bien vivre la ville : et si la ville favorisait la santé et bien-être? *Fondation AIA*. [PDF En ligne]
- Fanelli, G. & Gargiani, R.** (2019). Histoire de l'architecture moderne – Structures et revêtements. *Presses polytechniques et universitaire romandes*. [Format papier]
- Jamot, P.** (1927). A. P. et l'architecture du béton armé. *Hachette* [Format papier]
- Nitti, A.** (2019). Auguste Perret et Le Havre La forme urbaine et géographie de la construction. *AION*. [Archives du Havre – Format papier]

## Liste des illustrations

NE SONT REPRISES ICI QUE LES IMAGES, LES DESSINS SONT RÉALISÉS PAR MOI-MÊME ET SONT DÉTAILLÉES EN LÉGENDE.

FIGURE 1 : PHOTO IN SITU ILOT V40	- 8 -
FIGURE 2 : PHOTO IN SITU DU CENTRE-VILLE	- 10 -
FIGURE 3 : PANNEAU D'AFFICHAGE DE L'EXPOSITION À PARIS	- 12 -
FIGURE 4 : PLAN DU CENTRE-VILLE RECONSTRUIT CLASSÉ	- 12 -
SOURCE : DOSSIER UNESCO : VOIR BIBLIOGRAPHIE	
<b>CHAPITRE 1</b>	
FIGURE 5 : PORTRAIT D'AUGUSTE PERRET	- 20 -
SOURCE : <a href="https://www.la-croix.com/Religion/Catholicisme/France/Construction-Saint-Joseph-Havre-Chef-doeuvre-genie-civil-2019-08-18-12010415846">https://www.la-croix.com/Religion/Catholicisme/France/Construction-Saint-Joseph-Havre-Chef-doeuvre-genie-civil-2019-08-18-12010415846</a>	
FIGURE 6 : PORTRAIT D'EUGÈNE VIOLET-LE-DUC	- 26 -
SOURCE : <a href="https://www.france-pittoresque.com/spip.php?article12463">https://www.france-pittoresque.com/spip.php?article12463</a>	
FIGURE 7 : PORTRAIT DE JULIEN GUADET	- 28 -
SOURCE : <a href="https://expositions-virtuelles.citedelarchitecture.fr/portraits_architectes/guaju.php">https://expositions-virtuelles.citedelarchitecture.fr/portraits_architectes/guaju.php</a>	
FIGURE 8 : INTÉRIEUR DU PALAIS D'IÉNA, PARIS	- 32 -
SOURCE : <a href="https://exploreparis.com/fr/2069-palais-iena.html">https://exploreparis.com/fr/2069-palais-iena.html</a>	
ŒUVRE EMBLÉMATIQUE DU CLASSICISME STRUCTUREL	
FIGURE 9 : THÉÂTRE DES CHAMPS ÉLYSÉES	- 34 -
SOURCE : <a href="https://www.lan-paris.com/fr/miscellaneous/projet-secret">https://www.lan-paris.com/fr/miscellaneous/projet-secret</a>	
PREMIÈRE ŒUVRE CONNUE DES FRÈRES PERRET (1913) PROJET REPIRS DE HENRY VANDELDELDE	
FIGURE 10 : INTÉRIEUR DE L'ÉGLISE NOTRE DAME DE RAINCY	- 36 -
SOURCE : <a href="https://www.atlasobscura.com/places/notre-dame-du-raincy">https://www.atlasobscura.com/places/notre-dame-du-raincy</a>	
SURNOMMÉE "LA SAINTE CHAPELLE DU BÉTON ARMÉ" (1923)	
<b>CHAPITRE 2</b>	
FIGURE 11 : DIAGRAMME CONTRAINTE - DÉFORMATION DU BÉTON (DESSUS) ET DE L'ACIER (DESSOUS)	- 42 -
SOURCE : <a href="https://slideplayer.fr/slide/1837678/">https://slideplayer.fr/slide/1837678/</a>	
FIGURE 12 : PHOTO D'ARCHIVE DU CHANTIER DES ISAI	- 46 -
SOURCE : <a href="http://isaiehavre.canalblog.com/archives/2010/11/27/19717174.html">http://isaiehavre.canalblog.com/archives/2010/11/27/19717174.html</a> 13	
FIGURE 13 : BÉTON ARMÉ QUI PRÉSENTE DES DÉGRADATIONS	- 48 -
SOURCE : ARTICLE NIT BUILDWISE : VOIR BIBLIOGRAPHIE	
PRODUIT QUI RÉAGIT ET SE COLORE EN PRÉSENCE DE MATÉRIaux DÉGRADÉS. TECHNIQUE POUR LOCALISER LES ARMATURES ENDOMMAGÉES	
FIGURE 14 : FORMULE CHIMIQUE ET REPRÉSENTATION DE LA CARBONATATION	- 50 -
SOURCE : ARTICLE NIT BUILDWISE : VOIR BIBLIOGRAPHIE	
FIGURE 15 : PHOTO D'ARCHIVE D'UN CHANTIER DES FRÈRES PERRET	- 52 -
SOURCE : <a href="https://expositions-virtuelles.citedelarchitecture.fr/exposition_virtuelle_perret/01-projet-03-doc01.html">https://expositions-virtuelles.citedelarchitecture.fr/exposition_virtuelle_perret/01-projet-03-doc01.html</a>	
CHANTIER DE L'IMMEUBLE DE LA RUE RAYNOUARD. PHASAGE CONSTRUCTION BÉTON ARMÉ	
<b>CHAPITRE 3</b>	
FIGURE 16 : IMMEUBLE DE RAPPORT DE LA RUE FRANKLIN	- 60 -
SOURCE : <a href="https://www.bridgemanimages.com/en-us/perret/facade-of-a-residential-property-1903-04-photo/photograph/asset/252693">https://www.bridgemanimages.com/en-us/perret/facade-of-a-residential-property-1903-04-photo/photograph/asset/252693</a>	
FIGURE 17 : RÉSIDENCE-ATELIER CASSANDRE	- 62 -
SOURCE : <a href="https://rationalistarchitecture.tumblr.com/post/55448901422/auguste-perret-maison-cassandra-versailles-1924">https://rationalistarchitecture.tumblr.com/post/55448901422/auguste-perret-maison-cassandra-versailles-1924</a>	
FIGURE 18 : MAISON-ATELIER CHANA ORLOFF	- 62 -
SOURCE : <a href="https://www.gazette-drouot.com/article/le-bouillonnant-atelier-de-chana-orloff/523819">https://www.gazette-drouot.com/article/le-bouillonnant-atelier-de-chana-orloff/523819</a>	
FIGURE 19 : IMMEUBLE DE RAPPORT DE LA RUE RAYNOUARD	- 64 -
SOURCE : <a href="https://www.alamyimages.fr/photo-image-bloc-d-appartement-51-5-rue-raynouard-paris-1929-32-construit-de-beton-arme-concu-par-auguste-perret-29953728.html">https://www.alamyimages.fr/photo-image-bloc-d-appartement-51-5-rue-raynouard-paris-1929-32-construit-de-beton-arme-concu-par-auguste-perret-29953728.html</a>	

FIGURE 20 : VILLA ARAKEL BEY NUBAR	- 66 -
SOURCE : <a href="https://mgbartworks.wixsite.com/website/post/la-villa-nubar-de-perret-un-plaidoyer-contre-le-corbusier">HTTPS://MGBARTWORKS.WIXSITE.COM/WEBSITE/POST/LA-VILLA-NUBAR-DE-PERRET-UN-PLAIDOYER-CONTRE-LE-CORBUSIER</a>	
FIGURE 21 : MAISON DR PÉRIGORD	- 66 -
SOURCE : <a href="https://architecturena.wordpress.com/2013/12/08/hotel-particulier-du-docteur-perigord-limoges-facade-sur-rue/">HTTPS://ARCHITECTONA.WORDPRESS.COM/2013/12/08/HOTEL-PARTICULIER-DU-DOCTEUR-PERIGORD-LIMOGES-FACADE-SUR-RUE/</a>	
FIGURE 22 : TOUR PERRET D'AMIENS	- 68 -
SOURCE : <a href="https://www.france-pittoresque.com/spip.php?article15938">HTTPS://WWW.FRANCE-PITTORESQUE.COM/SPIP.PHP?ARTICLE15938</a>	
FIGURE 23 : IMMEUBLES FONDATION WEILL	- 68 -
SOURCE : <a href="https://www.flickr.com/photos/ruamps/8689973286">HTTPS://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/RUAMPS/8689973286</a>	
FIGURE 24 : IMMEUBLES SANS AFFECTATION INDIVIDUELLE AU HAVRE	- 70 -
SOURCE : PHOTO IN SITU	
<b>CHAPITRE 4</b>	
FIGURE 25 : TOUR PERRET À GRENOBLE	- 84 -
SOURCE : <a href="https://www.lesechos.fr/pme-regions/auvergne-rhone-alpes/manifeste-de-la-modernite-la-tour-perret-sera-restauree-a-grenoble-1125991">HTTPS://WWW.LESECHOS.FR/PME-REGIONS/AUVERGNE-RHONE-ALPES/MANIFESTE-DE-LA-MODERNITE-LA-TOUR-PERRET-SERA-RESTAUREE-A-GRENOBLE-1125991</a>	
FIGURE 26 : PLAN DE LA TOUR PERRET À GRENOBLE	- 86 -
SOURCE : <a href="https://www.archi20-21.fr/edifices/tour-observatoire/plans-d-origine/">HTTPS://WWW.ARCHI20-21.FR/EDIFICES/TOUR-OBSERVATOIRE/PLANS-D-ORIGINE/</a>	
FIGURE 27 : RESTAURANT DU CEA DE SACLAY	- 88 -
SOURCE : DOSSIER DE PRESSE : VOIR BIBLIOGRAPHIE	
FIGURE 28 : INTÉRIEUR DU RESTAURANT DU CEA À SACLAY (RÉNOVÉ)	- 90 -
SOURCE : <a href="https://www.flickr.com/photos/victortsu/14369696040/sizes/o/in/set-72157645412802405/">HTTPS://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/VICTORTSU/14369696040/SIZES/O/IN/SET-72157645412802405/</a>	
FIGURE 29 : FAÇADE D'UNE BARRE DE L'ENSEMBLE DE DENIS HONEGGER	- 92 -
SOURCE : <a href="https://www.lemoniteur.fr/photo/une-renovation-energetique-tout-en-finesse.2226842/une-operation-de-denis-honegger.1">HTTPS://WWW.LEMONITEUR.FR/PHOTO/UNE-RENOVATION-ENERGETIQUE-TOUT-EN-FINESSE.2226842/UNE-OPERATION-DE-DENIS-HONEGGER.1</a>	
FIGURE 30 : COUPE TECHNIQUE PRINCIPE CONSTRUCTIF	- 94 -
SOURCE : VOIR FIGURE 29	
FIGURE 31 : COLONNES DU PALAIS D'ÉNÉA RESTAURÉ PAR PIERRENOËL	- 96 -
SOURCE : <a href="https://www.pierre-noel.fr/referenc/restauration-nettoyage-des-facades-en-beton-du-palais-de-iena/">HTTPS://WWW.PIERRENOEL.FR/REFERENCE/RESTAURATION-NETTOYAGE-DES-FACADES-EN-BETON-DU-PALAIS-DE-IENA/</a>	
SPÉCIALISTE DE LA RESTAURATION DE FACADE D'ÉDIFICES À VALEUR PATRIMONIALE	
FIGURE 32 : PRINCIPE CONSTRUCTIF DES FAÇADES DE L'ENSEMBLE DE DENIS HONEGGER	- 98 -
SOURCE : VOIR FIGURE 29	
FIGURE 33 : UN DES ARBRES REMARQUABLES DU SITE DE L'ENSEMBLE DE DENIS HONEGGER	- 100 -
SOURCE : ARMAND CARREL   DEJEANMARINARCHITECT (DEJEANMARINARCHITECTES.COM)	
<b>CONCLUSION</b>	
FIGURE 35 : CITÉ RADIEUSE DE MARSEILLE, LE CORBUSIER	- 134 -
SOURCE : <a href="http://cote-maison.fr/chaine-d/deco-design/cite-radieuse-de-le-corbusier-a-marseille_30207.html">COTEMAISON.FR/CHAINE-D/DECO-DESIGN/CITE-RADIEUSE-DE-LE-CORBUSIER-A-MARSEILLE_30207.HTML</a>	
<b>PARTIE 2</b>	
FIGURE 36 : PHOTO D'ARCHIVE DE CHANTIER DES ISAI	- 142 -
SOURCE : VOIR FIGURE 12	
FIGURE 38 : PLAN DÉFINITIF DE L'ATELIER PERRET 1946	- 144 -
SOURCE : <a href="http://unesco.lehavre.fr/fr/comprendre/le-plan-general">HTTP://UNESCO.LEHAVRE.FR/FR/COMPRENDRE/LE-PLAN-GENERAL</a>	
FIGURE 39 : LES ARCHITECTES DE L'ATELIER PERRET SUR CHANTIER	- 146 -
SOURCE : <a href="http://unesco.lehavre.fr/fr/media">HTTP://UNESCO.LEHAVRE.FR/FR/MEDIA</a>	
FIGURE 37 : PHOTO AÉRIENNE DE LA PLACE DE L'HÔTEL DE VILLE	- 150 -
SOURCE : <a href="http://unesco.lehavre.fr/fr/media">HTTP://UNESCO.LEHAVRE.FR/FR/MEDIA</a>	
FIGURE 40 : PHOTO AÉRIENNE LE HAVRE VUE VERS L'ÉGLISE SAINT-JOSEPH	- 152 -
SOURCE : <a href="http://unesco.lehavre.fr/fr/media">HTTP://UNESCO.LEHAVRE.FR/FR/MEDIA</a>	



## **ABSTRACT**

Auguste Perret est l'un des architectes les plus connus du vingtième siècle. Il est le fondateur du classicisme structurel et de l'ordre du béton armé. Parmi tous les programmes et les édifices qu'il a pu réaliser, les immeubles de logements font l'objet de cette recherche. La question qui anime ce travail est celle de la réhabilitation de ces bâtiments de logements construits en béton armé qui présentent de grandes valeurs patrimoniales et architecturales. Quelles sont précisément ces valeurs et dans quelle mesure devons-nous les conserver ? Cette question trouve réponse dans une phase d'analyse préalable quant à la vie, au style et aux modes de construction de l'architecte. Quels sont les éléments qui peuvent être modifiés et qui nous permettent de garantir aux habitants un meilleur confort de vie ? Cette deuxième interrogation fait l'objet d'un processus de recherche par analyse et par le projet d'architecture. Voici le cadre de la recherche qui est développée dans ce travail dont l'objectif ultime est de trouver des hypothèses de projet pour réhabiliter un ensemble d'immeubles de logement construit par le grand architecte Auguste Perret.