



Plan de gestion patrimoniale
des maisons classées des cités-jardins

LE LOGIS - FLOREAL

à Watermael-Boitsfort

édition: 1 septembre 2014



T00	T01	T02	T03	T04	T05	T06
P01	P02	P03	P04	P10	P20	

T05 - ADAPTATIONS
AUX BESOINS ACTUELS



Plan de gestion patrimoniale
des maisons classées des cités-jardins

LE LOGIS - FLOREAL

T05 - ADAPTATIONS AUX BESOINS ACTUELS

édition: 1 septembre 2014

Service Public Régional de Bruxelles
Bruxelles Développement Urbain
Direction des Monuments et des Sites

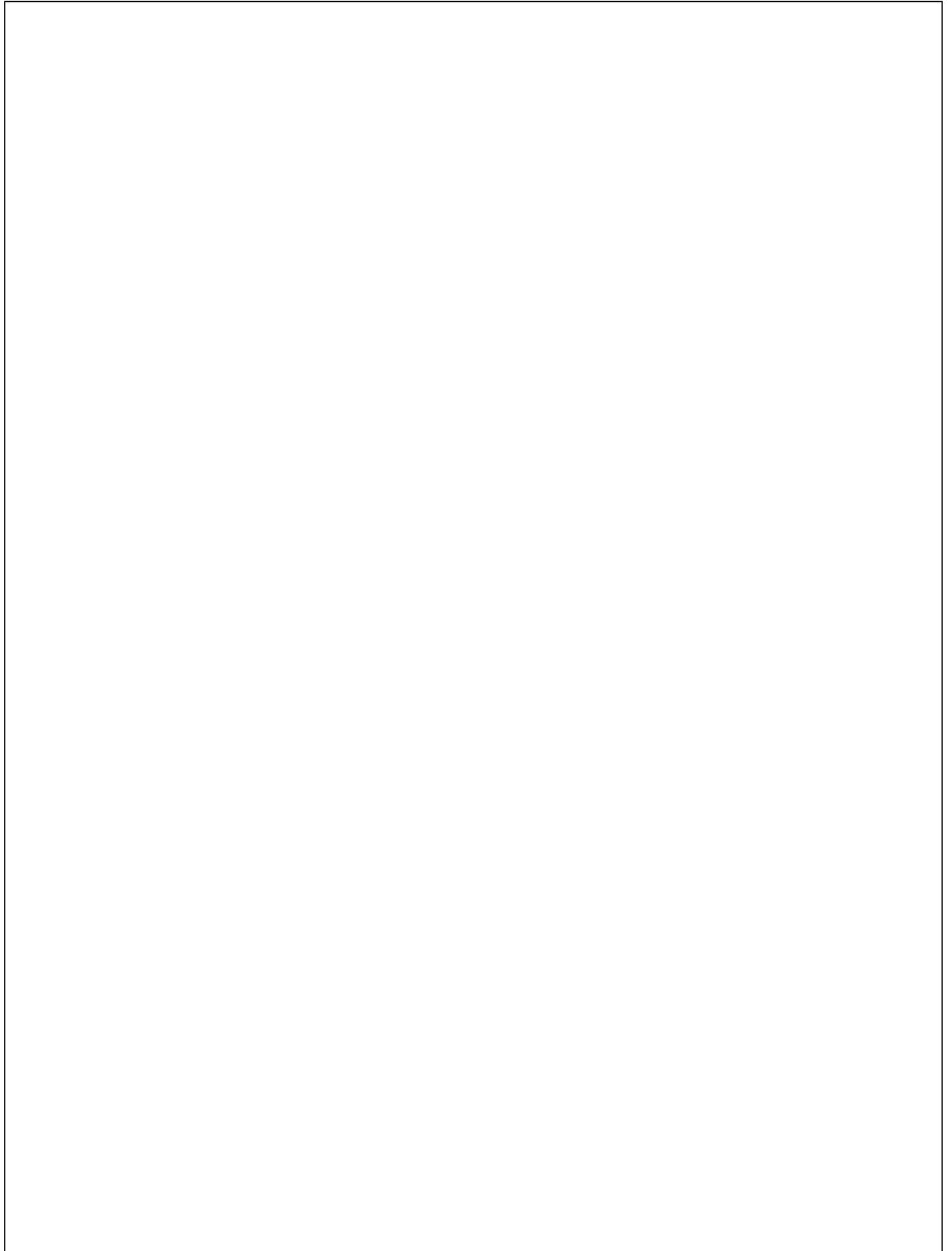
Elaboré pour le SPRB par
ARSIS, société d'architectes sprl

Éditeur responsable :
Arlette Verkruyssen, Directeur général
de Bruxelles Développement Urbain,
Région Bruxelles Capitale,
CCN- rue du Progrès 80, 1035 Bruxelles

Dépôt légal D/2014/6860/024

TABLE DES MATIERES

0	GÉNÉRALITÉS	3
0.1	Introduction	3
0.2	Mise en cohérence des besoins actuels	3
0.3	Des solutions adaptées à la valeur patrimoniale du Logis et de Floréal.	3
0.4	S'orienter vers les bonnes solutions avec l'aide du Plan de Gestion	3
1	MESURES HYGROTHERMIQUES DE CONFORT ET DE SANTÉ.....	5
1.0	Généralités concernant le confort hygrothermique	5
1.1	Compartimentage des espaces	6
1.2	Étanchéité à l'air des menuiseries	7
1.3	Suppression des ponts thermiques	9
1.4	Confort d'été	11
1.5	Assainir les murs et les sols humides	13
1.6	Autres mesures de la gestion de la température et de l'humidité	16
2	ECONOMIE D'ÉNERGIE PAR L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE	18
2.0	Généralités concernant l'économie d'énergie par l'enveloppe extérieure	18
2.1	Les murs de façade.	19
2.2	Sols sur espaces non chauffés.	20
2.3	Les toitures.	21
2.4	Le vitrage des menuiseries extérieures.	22
2.5	Isolation des portes d'entrée.	23
2.6	Assainir les murs et sols humides	23
2.7	Autres mesures utiles, à retenir	25
3	MESURES EN FAVEUR DE LA SÉCURITÉ ET DU CONFORT D'UTILISATION	26
3.0	Généralités concernant la sécurité et le confort d'utilisation	26
3.1	Performance du vitrage	26
3.2	Performances des systèmes de fermeture des portes d'entrée et de garage	26
3.3	Accessibilité & facilité d'utilisation	27
3.4	Facilité d'utilisation des fenêtres à guillotines	27
4	ISOLATION ACOUSTIQUE	28
4.0	Généralités concernant l'isolation acoustique	28
4.1	Performances des vitrages	28
4.2	Performance des menuiseries	29
5	AUTRES	30
5.1	Travaux aux parties classées favorables à la performance des infrastructures	30
6	ANNEXES.....	31
6.1	Tableau synoptique croisé faisant le lien entre les besoins et les adaptations.	31
6.2	Localisation des mesures en faveur du confort hygrothermique	33
6.3	Localisation des mesures en faveur de l'économie d'énergie au niveau de l'enveloppe extérieure.	35
6.4	Illustration des différentes mesures sur des ensembles de maisons différents.	37



0 GÉNÉRALITÉS

0.1 Introduction

Le plan de gestion autorise des adaptations des parties classées aux besoins actuels. Ces adaptations sont décrites dans les clauses techniques regroupées dans le cahier T02.

Les besoins et préférences des habitants et/ou propriétaires évoluent, tout comme les réponses et solutions techniques à ces besoins. De solutions techniques peuvent par ailleurs évoluer indépendamment des besoins. Le plan de gestion est donc destiné à subir des mises à jour régulières.

Notons qu'une prescription technique peut être la réponse à plusieurs besoins, et un seul problème peut être résolu par plusieurs réponses techniques.

Ce cahier T05 fait le lien entre les travaux autorisés en regards des besoins, afin de permettre aux propriétaires et gestionnaires de facilement repérer les actions à entreprendre pour répondre à ces besoins.

0.2 Mise en cohérence des besoins actuels

Le T05 propose des réponses aux propriétaires et locataires qui souhaitent réaliser des travaux qui ne sont pas des travaux de conservation pure mais qui tendent à répondre à des besoins en termes de sécurité, d'économie d'énergie et de confort, le tout dans le respect du patrimoine.

0.3 Des solutions adaptées à la valeur patrimoniale du Logis et de Floréal.

La valeur patrimoniale des maisons classées ne permet pas d'aborder le thème de l'économie d'énergie sous un angle simplement performantiel, ni d'apporter des solutions standard et universelles aux enjeux de sécurité, d'économie d'énergie et de confort. La conception de la cité-jardin, son occupation, son histoire, sa renommée en font un exemple en matière de durabilité. La transition énergétique sur le site du Logis-Floréal exige que les solutions proposées tiennent compte de l'ensemble des critères liés à la conservation du patrimoine. Ces anciennes constructions comptent nombres de dispositifs et de trouvailles permettant déjà un niveau de confort par rapport aux zones froides (sas et compartimentage des espaces), à la surchauffe (volet), etc. ... Cependant, avec l'augmentation de la facture énergétique des occupants, le risque pourrait exister que ces maisons soient mal chauffées. Les pathologies susceptibles d'apparaître alors dans les logements seraient dommageables tant pour la conservation du patrimoine que pour la santé et le confort des occupants.

0.4 S'orienter vers les bonnes solutions avec l'aide du Plan de Gestion

Le présent cahier T05 traite donc les thèmes de l'énergie, du confort et de la santé, de la sécurité et de l'acoustique ; il fait le lien avec les travaux respectueux du patrimoine autorisés dans le volume T02. Il met en garde les propriétaires contre certains paradoxes qui peuvent exister entre les objectifs de différents de ces thèmes entre eux. Ce T05 mentionne la relativité de certains travaux. Cela signifie qu'il faut :

- définir les priorités en fonction des moyens financiers disponibles ;
- faire les travaux dans le bon ordre ;
- savoir qu'en gagnant sur un aspect on peut perdre sur un autre.
- poser des choix adaptés à la maison concrète que l'on habite déjà et à celle que l'on habitera après tous les travaux envisagés ;

- ne pas sous-estimer l'importance pour l'économie et le confort des gestes simples comparés à celle des gros investissements.

En ce sens, il convient de souligner que les mesures en faveur du confort et de la santé sont favorables à l'économie d'énergie, mais que l'inverse n'est pas toujours vrai :

- Les mesures en faveur du confort et la santé sont importantes pour le bien-être et, vu qu'elles sont également favorables à l'économie d'énergie, elles priment sur les simples mesures d'économie d'énergie.
- Les mesures regroupées sous « énergie » ont des effets calculables et directs sur la consommation d'énergie : l'économie peut être chiffrée. Les mesures regroupées sous « confort » opèrent indirectement et favorablement sur la facture énergétique, mais ces bénéfices sont plus difficilement calculables. Le fait d'améliorer les divers facteurs de confort hygrothermique diminue considérablement la température de l'air que l'on trouve « confortable ». Ce n'est alors pas la résistance thermique de l'enveloppe extérieure qui diminuera la consommation mais c'est la quantité d'énergie « à ne pas perdre » qui diminuera car le thermostat sera plus bas sans que cela se ressente. La température de l'air est un facteur déterminant dans le rendement de la résistance thermique de l'enveloppe extérieure. Et dès que l'on diminue un peu la température de l'air intérieur (de l'ordre de 1 à 2°C), le rendement des investissements coûteux effectués au niveau de l'enveloppe extérieure diminue.¹

Cette interaction entre les mesures de "confort" et d'"énergie" oriente les décisions et les priorités : quelles mesures prendre pour améliorer le plus possible le bien-être et le confort dans sa maison? Le bon choix dépend de la maison concrète : le type de maison, l'orientation, la situation (modifications), les installations techniques, ...

Il est parfois difficile de décider des meilleures mesures à prendre. Pour aider les propriétaires, il est prévu dans le cahier spécial des charges des travaux autorisés (T02-A) que certains des travaux les plus coûteux, tels que l'isolation des façades², ne soient autorisés que lorsqu'un audit énergétique³ démontre que ces mesures sont réellement opportunes et constituent une priorité. Cet audit donne une réponse à la question suivante : les mêmes économies peuvent-elles être réalisées par d'autres mesures plus aisées, moins coûteuses à mettre en place et moins problématiques pour la conservation du patrimoine (installations techniques, type d'énergie, vitrage, étanchéité, ...) ?

Ces audits vont aussi permettre à l'administration qui gère la cohérence des cités jardins de récolter des données:

- sur les caractéristiques hygrothermiques des maisons classées ;
- sur les meilleures solutions à préconiser en fonction des différents types de maisons et des conditions d'habitation ;
- sur les gains réels des mesures d'économie d'énergie adoptées mis en relation avec leur impact sur la valeur patrimoniale.

¹ La diminution de la température de l'air intérieur (°Ti) augmente le rendement des chaudières et de la distribution des calories dans les systèmes de chauffage central, le rendement des corps de chauffe dans les locaux. La diminution de °Ti diminue la consommation due aux pertes de ventilation, diminue les risques de condensation et ses conséquences,

² C'est une des mesures calculables du thème « énergie ».

³ Voir l'art. T02-A1 pour la description de l'audit énergétique. Voir l'art. B1.4.0 pour les conditions préalables à l'isolation des façades.

1 MESURES HYGROTHERMIQUES DE CONFORT ET DE SANTÉ

1.0 Généralités concernant le confort hygrothermique

1.0.1 Petit glossaire

Hygrothermie :

L'hygrothermie caractérise la température et le taux d'humidité de l'air ambiant d'un local. C'est une mesure fréquente dans le domaine du bâtiment où l'on recherche un confort hygrothermique idéal pour la santé des habitants et des infrastructures.⁴

Confort Hygrothermique :

Sensation de confort que ressent une personne, par rapport à la température et à l'humidité ambiantes, dans la pièce où elle se trouve. Cette sensation varie selon les individus, tout le monde n'ayant pas les mêmes critères de confort, ne s'habillant pas de la même manière, s'accoutumant plus ou moins bien aux conditions climatiques extérieures, n'ayant pas besoin du même niveau de température pour se sentir bien⁵

Assurer un confort hygrothermique :

Assurer une température constante en toute saison (entre 18 et 20 °C), un taux d'humidité de 40 à 60 % et une différence de température entre l'air intérieur et les parois de 3 °C maximum. Ceci doit permettre d'éviter le dessèchement des muqueuses ou la sensation d'étouffement par excès d'humidité, mais aussi la condensation sur les murs et donc les effets de moisissure, la dégradation de certains types d'enveloppe des bâtiments et celle des isolants. Les paramètres du confort hygrothermique sont : l'isolation thermique des parois, la protection solaire des parois vitrées, la ventilation, la régulation et disposition des systèmes de chauffage et de refroidissement.⁶

1.0.2 Mesurer le confort

Il existe des variables scientifiques pour caractériser divers aspects du confort. Le sentiment de confort hygrothermique est influencé par la température de l'air et des parois environnantes, par l'humidité, par la vitesse de l'air, ... etc. Il est aussi influencé par l'interaction entre ces caractéristiques. Par ailleurs, ce sentiment varie d'une personne à une autre, dépend des activités développées, etc... Quand des chiffres sont avancés au niveau du climat de l'espace de vie, ils ont été établis en fonction de la satisfaction avérée d'un nombre suffisant de personnes interrogées se trouvant dans des conditions comparables. Les chiffres exprimant le confort sont issus de la statistique. Chaque individu ressent le niveau de confort un peu différemment. Un constat s'impose néanmoins (c'est important pour une politique et une gestion du confort) : les tendances sont identiques pour tout le monde. Tout le monde ressent à un moment donné qu'il fait trop froid, qu'il y a trop de courant d'air, que le climat est trop humide, trop sec, ...

⁴ Source : encyclopédie Wikipedia

⁵ Source : association Qualitel (www.qualité-logement.org)

⁶ Source : Cours UCL : Physique appliquée au bâtiment - www-energie2.arch.ucl.ac.be/

1.1 Compartimentage des espaces

1.1.1 Considérations générales

Les maisons des cités-jardins datent des années 1920-1930, époque où l'organisation des espaces se traduisait principalement en un ensemble de pièces auxquelles on pouvait attribuer des fonctions. La maison était compartimentée. L'avantage de séparer des activités par des murs et des portes pour l'occupation d'une maison et l'organisation de la vie d'un ménage, c'est de respecter l'intimité et de limiter les nuisances possibles d'une activité par rapport à une autre.

Ce compartimentage est autant horizontal (la séparation des espaces sur un même niveau de la maison) que vertical (la séparation des divers niveaux de la maison par un escalier encagé : la cage d'escalier)

Les ménages sont actuellement de plus en plus petits et le risque de nuisances diminue; sous cet angle, cette typologie architecturale perd parfois de sa nécessité. Mais il reste un autre avantage à ce compartimentage qui ne diminue pas d'intérêt : l'effet favorable sur la gestion du confort hygrothermique : entourer chaque activité de son microclimat adapté

- différence de ventilation
- différence de température
- différence d'humidité

Le living, la cuisine, les chambres à coucher, les salles de bains, les débarras, peuvent ainsi suivre leur rythme particulier indépendamment les uns des autres. Les sas (en occurrence le sas d'entrée) ajoutent un palier supplémentaire à cette capacité de moduler librement l'offre hygrothermique à la demande de confort et leur rôle est d'autant plus important que la maison est petite. En hiver ce compartiment supplémentaire entre espace de vie et air extérieur est indispensable pour ne pas rendre très nuisible chaque entrée et sortie.

Les effets de la suppression du compartimentage peuvent être les suivants:

- augmentation de la vitesse de circulation de l'air intérieur par convection interne, ce qui provoque un effet de courants d'air. Les surfaces froides de l'enveloppe extérieure refroidissent l'air qui tend à stagner dans les parties basses du système spatial. Les surfaces chaudes (murs intérieurs, éclairages, corps de chauffe, ...) réchauffent l'air qui tend à s'élever dans les parties hautes du système spatial. Au plus le système spatial est grand et communicant, au plus la différence de hauteur dans le système spatial est importante, ... au plus ces phénomènes de déplacement et de circulation de l'air sont forts. La vitesse de l'air influence fortement le sentiment de confort thermique. Ainsi, une température de 19°C est supportable dans un volume d'air stable, voire dans une situation où l'air circule à p.e. 0,2 m/sec. Par contre, cette température devient inconfortable lorsque la circulation de l'air dépasse cette vitesse.⁷
- augmentation de la vitesse de l'air par des courants d'air provenant d'ouvertures de ventilation voulues ou accidentelles de l'enveloppe extérieure. Les façades opposées d'un immeuble sont exposées à des pressions de vent très variables et différentes. Lorsqu'une façade est située en compression, la façade opposée est naturellement située en dépression. Le compartimentage réduit les gradients de pression d'air sur les murs, les menuiseries, les prises d'air, et réduit donc les pertes par ventilation. Si le compartimentage vertical est supprimé, l'effet de cheminée dans la maison augmente. La pénétration d'air extérieur non contrôlée et/ou non désirée augmente les différences de température dans le volume d'air intérieur et augmente le problème de la convection interne exposé ci-avant.

⁷ Le degré d'inconfort dû à la vitesse de l'air dépend de plusieurs facteurs, comme la façon d'être habillé, l'humidité et la transpiration, le type d'activité en cours, ...

- augmentation de l'humidité relative aux endroits les moins chauffés qui provoque de la condensation, des moisissures.
- températures non adaptées aux activités : trop élevées dans les espaces supérieurs et trop basses dans les espaces inférieurs, donc un sentiment d'inconfort.

1.1.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Les maisons des cités jardins Le Logis & Floréal sont de dimensions modestes et compartimentées à l'origine par niveau et par pièce. Elles ont des sas d'entrée et des cages d'escalier.

Le maintien du compartimentage est favorable au confort et à la facture énergétique.

Les murs intérieurs, les portes intérieures, les planchers entre étages, ..., ne font pas partie du classement des maisons. Cette recommandation de n'enlever les cloisonnements qu'après mûre réflexion et compte tenu des conséquences sur le confort ne fait pas partie des clauses légales (sauf si les travaux touchent à la stabilité, les murs porteurs, ...)

Dans ce plan de gestion, on approche toutefois la problématique du compartimentage en rapport avec des parties classées : il s'agit de la fermeture des porches arrières. Ces porches sont des espaces extérieurs qui pénètrent les façades arrières, pour donner accès à plusieurs locaux (p.e. cuisine, living, remise, toilettes, ..) et au jardin. On peut les comparer à des sas extérieurs. La fermeture de ces porches qui ouvrent vers les jardins, peut constituer un compartimentage supplémentaire permettant de réduire les pertes de ventilation lors des entrées et sorties en hiver.

Leur fermeture constitue également une opportunité pour agrandir les espaces intérieurs et pour installer des cuisines équipées. Mais dans ce cas l'avantage du compartimentage supplémentaire disparaît.

Voir aussi les commentaires sous l'art.D8 dans le volume T02

1.1.3 Les clauses techniques des travaux autorisés dans le plan de gestion patrimoniale.

- D8.1 Porches, type 1 - Modifications et travaux à la situation existante classée.
- D8.2 Porches, type 2 - Modifications et travaux à la situation existante classée.
- D8.3 Porches, type 3 - Modifications et travaux à la situation existante classée.
- D8.4 Porches, type 4 - Modifications et travaux à la situation existante classée.
- D8.5 Porches, type 5 - Modifications et travaux à la situation existante classée.

1.2 Etanchéité à l'air des menuiseries

1.2.1 Considérations générales

Une ventilation suffisante doit garantir une qualité suffisante d'air dans les maisons. Une ventilation limitée doit permettre de limiter les pertes d'énergie. Il y donc un équilibre à atteindre.

En fonction des systèmes de ventilation retenus, les menuiseries de fenêtres peuvent contribuer dans une mesure variable au dosage de la ventilation.

Il y a 4 systèmes de ventilation :

- système A, dit ventilation naturelle
- système B, dit par insufflation d'air
- système C, dit par extraction d'air

- système D, dit par double flux.

Dans les cas des systèmes A et C, l'air entre naturellement par des ouvertures de l'enveloppe extérieure de la maison, pour être évacué par les locaux humides. Ces ouvertures sont de préférence des ouvertures réglables, mais peuvent également intervenir au niveau des menuiseries, en fonction de leur degré d'étanchéité.

Le degré d'étanchéité peut permettre une gestion contrôlée des pertes de ventilation. Le degré d'étanchéité ou le débit de fuite se mesure aisément par un test d'infiltrométrie⁸. Le débit de fuite mesuré dépend de la pression ou de la dépression que l'on met sur le volume chauffé. L'indicateur n50 est le débit de fuite sous une pression de 50 pascals (Pa) divisé par le volume chauffé ; il est exprimé en nombre de renouvellement d'air par heure qui passe par l'enveloppe extérieure (trous, murs, cloisons, fenêtres, portes, ...). Quelques valeurs recommandées :

- maison sans système de ventilation : n50 < 3
- maisons avec systèmes de ventilation : n50 < 1,50
- maisons avec système de ventilation D avec récupération d'énergie : n50 < 1
- maisons passives : n50 < 0,60

Lors de ces tests, il est possible d'identifier les endroits et l'importance des fuites d'air. Les méthodes les plus courantes pour les localiser sont la fumée et la thermographie.

L'expérience montre que les fuites d'air ne se situent pas uniquement aux jointures entre dormants et ouvrants, mais bien le plus souvent dans la périphérie des menuiseries : aux raccords avec les finitions et avec le gros-œuvre. L'air passe aussi abondamment par les caisses à volets, par les dessous des portes, par des fissures dans les murs, par les raccords entre toitures et murs, ... etc. Pour que les efforts d'étanchéité au niveau des châssis aient du rendement, il faut au moins connaître et obturer les autres fuites d'air de la maison.

1.2.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Des valeurs 1,50 peuvent être atteintes par des menuiseries extérieures restaurées et bien réglées, ou restituées suivant les détails de menuiseries originelles. Si les profils des châssis sont légèrement déformés ou abîmés, il est possible d'atteindre ces valeurs (et même mieux) en prenant des mesures supplémentaires d'étanchéité à l'air, tel qu'énumérées ci-après.

Les mesures proposées dans les prescriptions techniques (le cahier T02), sont toutes élaborées pour être applicables sur des menuiseries existantes et/ou neuves. Une approche pragmatique est donc possible : elle consiste à restaurer les châssis, à faire réaliser un test d'infiltrométrie et, à cette occasion, à identifier les fuites pour ensuite, en fonction du débit de fuite et de la localisation des fuites, décider des mesures supplémentaires à prendre pour arriver aux valeurs de débit de fuite correspondant au type de ventilation que l'on vise pour sa maison.

Comme signalé, en raison du mode de construction des maisons des cités-jardins Le Logis & Floréal, il n'est pas surprenant de constater bon nombre de fuites d'air autres que celles des menuiseries extérieures, notamment :

- Joints entre gros-œuvre et menuiseries (les menuiseries sont souvent placées sans batées),
- Joints entre gros-œuvre et charpenterie de toiture,
- Joints entre les planchers en bois et les murs (surtout en direction des caves non chauffées),

⁸ Ces mesurages sont normalisés par la NBN EN 13829

- Caisses à volets,
-

1.2.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

- D1.3.3 Resserrage extérieur entre les menuiseries et le gros-œuvre
- D1.3.4 Resserrage intérieur entre les menuiseries et les finitions intérieures
- D1.4.1 Etanchéité à l'air des ouvrants de fenêtre (Etan##) – travaux de restauration
- D1.4.2 Etanchéité à l'air des ouvrants de fenêtre (Etan##) – travaux de restitution
- D3.1-5 Portes d'entrée – système de fermeture à trois points
- D3.1-6 Portes d'entrée – système anti-courant d'air dans la traverse inférieure
- D3.1-9 Portes d'entrée - profils d'étanchéité à l'air entre ouvrants et dormants
- D4.2.21 Restauration du volet mécanique (comprenant le resserrage des éléments)
- D4.2.24 Mesures d'économie d'énergie pour les volets mécaniques.
- D7.1.2 Travaux d'adaptation aux portes de garage originelles

1.2.4 Précautions

Le bon niveau d'étanchéité dépend de plusieurs facteurs dans la maison. En tous cas, si on ne s'oriente pas vers une ventilation à double flux (type D, voir 1.2.1), mais vers une ventilation naturelle (type A) ou partiellement naturelle (type B et C), les ouvertures de l'enveloppe extérieure contribuent en tout ou en partie à la ventilation ; il faut alors se garder de rendre les menuiseries totalement étanches. Une simple restauration pourrait suffire dans un premier temps, comme expliqué sous 1.2.2. Les niveaux d'étanchéité conseillés en fonction du système de ventilation sont mentionnés sous 1.2.1.

1.3 Suppression des ponts thermiques

1.3.1 Considérations générales

Un pont thermique est une zone de l'enveloppe du volume chauffé présentant une plus faible résistance thermique par rapport au reste des parois. Cette zone peut être ponctuelle ou linéaire. En hiver et vu de l'intérieur, ces zones sont plus froides à l'intérieur et plus chaudes à l'extérieur. Elles sont facilement détectables par thermographie.

Les ponts thermiques se situent en général aux endroits de transfert de charges d'un élément constructif vers un autre (comme les encastrement, les éléments en porte à faux vers l'extérieur, ...). Pour cette raison, on appelle maintenant un pont thermique un nœud constructif. Dans les calculs PEB, les nœuds constructifs sont pris en compte pour calculer le niveau K d'une maison.

Dans un bâtiment globalement peu isolé, l'ensemble des ponts thermiques représente 10 à 20 % des déperditions d'énergie par conduction à travers l'enveloppe extérieure. Après des travaux d'isolation effectués sans attention particulière aux ponts thermiques, la part des déperditions par ces derniers peut facilement doubler.

L'importance des ponts thermiques dans le bilan énergétique augmente considérablement surtout en cas d'isolation par l'intérieur.

La où le pont thermique est en contact avec l'air intérieur, on constate :

- la condensation en surface et en profondeur des matériaux poreux

- le changement de la couleur et la salissure des matériaux
- le développement de micro-organismes, de moisissures

Après différentes tentatives d'augmenter la performance énergétique d'une maison (étanchéité à l'air, isolation par l'intérieur ou isolation partielle de l'enveloppe extérieure, placement de verre isolants, ...), on peut constater une augmentation de l'humidité relative dans le volume chauffé et l'accentuation des problèmes mentionnés ci-avant. Le résultat est la dégradation locale des matériaux de construction et de finition, voire des problèmes de santé, des allergies au niveau des voies respiratoires.

Pour éviter tout cela lors de mesures d'isolation thermique, il est primordial de supprimer les ponts thermiques.

1.3.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

Les maisons des cités jardins Le Logis & Floréal présentent des ponts thermiques notoires dus au système de construction, même si même si ceux-ci peuvent différer en fonction de la phase de construction⁹ dans laquelle la maison a été érigée. Les principaux ponts thermiques sont les suivants :

- Eléments en béton armé (linteaux, auvents, corniches,...) traversant l'enveloppe extérieure en brique, en béton caverneux isolant, etc.
- Cloisons et éléments de faible épaisseur à tous les niveaux des oriels (loggias),
- Caisses à volet mécanique, avec séparation de l'air intérieur et de l'air extérieur par une plaque de multiplex seulement.
- Retours des murs dans les baies de fenêtres (surtout là où le gros œuvre a été monté autour des menuiseries, alignées sur la face extérieure de la façade).
-

Le remède proposé dans les clauses techniques pour résoudre les ponts thermiques aux endroits des éléments traversant en béton consiste à les isoler par l'intérieur, au moyen de matériaux pare-vapeur qui évitent un point de rosée (la condensation) au sein du mur.

Il est souligné ici que le traitement de tels ponts thermiques reste souvent souhaitable même si les façades sont isolées par l'extérieur. Par exemple :

- Dans le cas des auvents, car il est impossible de poser une isolation complète à l'extérieur à ces endroits.
- Dans les cas des oriels, car il n'est pas possible d'accéder à la totalité de la face extérieure froide de l'élément (en béton) à isoler.
- Dans les baies équipées de rideaux, stores, jalousies, etc, car les retours des murs et linteaux sont exposés à un risque accru de condensation.
-

1.3.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

B1.5.1	Isolation intérieure des retours plafonnés des baies de façade
B7.1.3	Isolation intérieure du pont thermique des auvents en béton armé
B7.2.3	Isolation intérieure des ponts thermiques des corniches en béton armé
B7.3.2	Isolation des ponts thermiques du béton armé des oriels (loggias)
B7.3.3	Isolation par l'extérieur des allèges de fenêtres des oriels (loggias)

⁹ Voir les phases de construction dans le volume P03 avec cartes thématiques.

- B7.3.4 Isolation par l'intérieur des allèges de fenêtres des orielles (loggias)
- C4.6 Isolation des faces latérales et des toitures des lucarnes
- D1.4.3 Isolation thermique des menuiseries (Isol##) – travaux de restauration
- D4.2.24 Mesures d'économie d'énergie pour les volets mécaniques.

1.4 Confort d'été

1.4.1 Considérations générales

Le confort d'été est le résultat d'une bonne stratégie du froid. Il faut être conscient du fait que l'architecture traditionnelle a toujours développé une bonne stratégie du froid pour des raisons assez évidentes et en réponse aux périodes de canicules¹⁰:

- Il est plus facile pour l'organisme de l'homme de compenser le froid que le chaud¹¹.
- Une situation de surchauffe dans une habitation est plus difficile à redresser qu'une situation de froid.

La technologie permet entre-temps de produire des frigories. Au niveau du coût énergétique, il faut souligner que la production d'une frigorie coûte de 2 à 4 fois plus cher que la production d'une calorie. Le « frais » naturel est donc un capital précieux, une matière peu renouvelable.

La situation de confort attendue est définie avec de moins en moins de flexibilité; les marges données aux températures, à l'humidité, à la vitesse de l'air et aux fluctuations de ces variables sont très faibles. Les réserves de froid à activer lors de risque de surchauffe doivent être prises en considération. Elles doivent être importantes et être disponibles dans le logement.

Inertie thermique

Ce capital de froid accumulé dans un bâtiment existe grâce à l'inertie thermique¹² qui est présente sous plusieurs formes. Il y a lieu de mobiliser le plus de formes possible pour profiter de ce capital de fraîcheur quand on en a besoin. Par exemple :

- ne pas isoler l'enveloppe extérieure par l'intérieur¹³ et ne pas supprimer des murs en matériaux traditionnels lourds
- isoler les sols sur terre pleine seulement en cas d'inconfort d'hiver¹⁴.

Limiter l'apport de chaleur en été

¹⁰ Les canicules sont les phénomènes climatiques les plus mortels (*Heat waves are the most lethal type of weather phenomenon, overall*) Encyclopédie Wikipedia : « Heat waves ».

¹¹ Au total, on estime à 70 000 le nombre de décès (« surmortalité ») dus à la canicule de 2003 en Europe. (Etude de l'impact de la canicule d'août 2003 sur la population européenne, EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114)

¹² La lenteur de changement du climat intérieur dépend en grande partie de l'inertie des murs, sols, plafonds, aménagements divers. L'inertie de ces éléments est influencée par leur densité, leur masse, leur diffusivité et effusivité. La lenteur thermique est aussi influencée par les échanges d'humidité entre l'air ambiant et les matériaux.

¹³ Cette masse construite poreuse apporte beaucoup d'inertie.

¹⁴ Le sol sec a une température stable qui accumule la chaleur aussi bien que la fraîcheur. Ce capital énergétique du sol est la forme la plus simple de ce que l'on appelle aussi la géothermie.

Ne pas gaspiller ce capital demande une bonne utilisation de l'enveloppe extérieure, en veillant à conserver un bon dosage de l'apport énergétique solaire. Pour que l'enveloppe extérieure puisse remplir ce rôle, il faut :

- Qu'elle soit suffisamment isolante pour résister à la pénétration de l'énergie à travers les murs¹⁵.
- Qu'elle permette la condensation et l'évaporation de l'humidité dans la surface extérieure¹⁶.
- Protéger les fenêtres contre les rayons de soleil¹⁷. Une protection par l'extérieur est de loin le moyen le plus efficace.
- Isoler les toitures, les lucarnes.
- Ventiler avec précaution et aux bons moments.

1.4.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

Les maisons classées au Logis & à Floréal n'ont pas été entièrement construites à l'aide de techniques traditionnelles, courantes avant la première guerre. La nécessité de produire un très grand nombre de logements en très peu de temps a incité à explorer de nouveaux systèmes constructifs et de nouveaux matériaux, à simplifier et à organiser les chantiers autrement. Ceci n'empêche que l'inertie est restée bien présente dans la situation originelle des maisons.

Les clauses techniques (T02) du plan de gestion visent à optimiser la mobilisation du capital du froid. Sous ce point (1.4.3) sur le confort d'été sont regroupées les clauses des travaux qui ont un rapport avec la problématique du confort d'été.

1.4.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimonial.

La suppression de tous les ponts thermique tel que **énumérés sous 1.3.3**

- B1.4 Isolation thermique des façades enduites
- C1.4.1 Travaux d'isolation des toitures en pente lors de travaux réalisés par l'extérieur
- C1.4.2 Travaux d'isolation des toitures en pente, lors de travaux réalisés par l'intérieur
- C3.2.4 Fenêtres en toiture (VELUX) avec stores anti-solaires.
- C4.6 Isolation des faces latérales et des toits de lucarnes
- D4.1 Restitution des volets battants
- D4.2.23 Restitution des volets mécaniques

¹⁵ Les clauses techniques prévoient de supprimer les ponts thermiques, et d'isoler les façades sous certaines conditions.

¹⁶ La condensation et l'évaporation d'eau à partir de la surface extérieure, bloquent la température de la surface de la façade. Pour permettre cet échange, la surface doit être poreuse, pas capillaire. C'est le cas des murs enduits originels, et c'est le cas du type d'isolation par l'extérieur prévu dans les clauses techniques. L'application de peintures ou produits hydrofuges abîme ces qualités. Ils sont déconseillés.

¹⁷ Les maisons avaient le plus souvent à l'origine des volets battants et mécaniques. Le maintien et la restitution de ces volets sont encouragés par les clauses techniques.

1.5 Assainir les murs et les sols humides

1.5.1 Considérations générales

L'humidité dans la stratégie du chaud

La « stratégie du chaud » consiste à conserver le chaud en hiver et à limiter les calories à produire.

Les murs et sols humides sont responsables d'un énorme besoin en énergie. Ce besoin naît d'un cumul de plusieurs phénomènes qui se renforcent.

- a) Quand l'enveloppe extérieure est humide, **sa résistance thermique** (voir 2.0.1) **diminue** et la maison perd sa chaleur en hiver. Cela joue un rôle direct sur la performance énergétique de la maison. (voir 2.6)
- b) Cette perte d'isolation s'ajoute à un autre phénomène encore plus coûteux au niveau du chauffage : l'eau qui s'accumule dans la construction s'évapore. Au lieu de résulter d'une perte de chaleur à travers les murs, **le froid est directement produit dans la peau du mur**¹⁸. L'évaporation continue de l'eau qui s'échappe des murs et des sols par l'intérieur influence négativement le climat intérieur et modifie le confort des habitants et les conditions de conservation de la maison. L'évaporation continue extrait une grande quantité d'énergie à l'air ambiant¹⁹.
- c) Ce que l'on appelle la température de confort est une notion qui correspond mieux à l'impression ressentie que la température indiquée au thermomètre. Y intervient non seulement la température de l'air mais aussi la température moyenne de toutes les surfaces auxquelles le corps est exposé. Dans la maison, la température des murs, plafonds, sols, vitrages, etc., joue donc un rôle important, notamment par rayonnement. Il va alors de soi, que l'évaporation de l'eau en surface d'une paroi de la maison diminue la température de l'air et la température des parois, mais elle **diminue en même temps la totalité des paramètres de la température de confort**. Le résultat est que :
 - les habitants mettent le thermostat du chauffage plus haut,
 - l'air ambiant est chauffé davantage,
 - donc la ventilation de la maison entraîne plus de pertes,
 - dans son besoin naturel d'équilibre hygrothermique, un air plus chaud induit plus d'évaporation et, par conséquent, plus de refroidissement.
 - ...
- d) Et enfin, le fait de vivre dans un milieu dont l'air est humide touche également ce qui nous entoure : les tentures, les tapis, le mobilier, les vêtements, Cette humidité est systématiquement recyclée dans l'air par les variations du chauffage et produit un

¹⁸ L'évaporation se passe en surface ou à faible profondeur du mur quand celui-ci est poreux.

¹⁹ Ce phénomène s'appelle le refroidissement adiabatique. En été il a des effets favorables à la fraîcheur mais en hiver il extrait de l'énergie coûteuse aux maisons. L'évaporation est endothermique, ce qui signifie que ce phénomène extrait de l'énergie à l'air ambiant. La quantité d'énergie extraite pour évaporer 1 litre d'eau est de l'ordre de 600 kilocalorie ! (ou 600 calories par gramme d'eau). En climatisation, le refroidissement adiabatique est une méthode de rafraîchissement de l'air basée sur l'évaporation de l'eau. On parle aussi de bioclimatisation, de rafraîchissement d'air par évaporation ou de climatisation naturelle. L'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est extraite de l'air. Cette ancienne technique reproduit le phénomène naturel que l'on observe près des points d'eau où la température est plus basse en été.

environnement refroidi. C'est également vrai pour les vêtements que l'on porte sur soi. Un vêtement humide est plus froid qu'un vêtement sec. En ce qui concerne l'air, l'air froid humide est aussi ressenti comme plus froid que l'air sec.

Toutefois, il est important de rappeler que la question de l'humidité est un exercice d'équilibre. Dans l'intérêt du confort et de la santé, il faut maintenir l'humidité relative de l'air d'une maison entre 40% et 60% pour une température de 20°C. En même temps, il faut souligner que la bonne stratégie du chaud implique que l'humidité de l'air en hiver ne peut provenir de l'évaporation de l'eau des murs et des sols humides (pour des raisons de confort expliquées ci-avant). La physique de la construction s'ajoute à cette complexité: quand les taux d'humidité dépassent certains seuils critiques, les matériaux de construction et de finition s'abîment rapidement et irréversiblement.

L'humidité dans la stratégie du froid

Naturellement et traditionnellement, les matériaux de construction poreux ont rempli la fonction d'absorber et d'évacuer l'eau comme une sorte d'amortisseur d'humidité. Ceci a permis de gérer le phénomène de l'humidité avant que cela ne devienne un problème d'humidité. Comme c'est le cas pour tout amortisseur, il y a lieu de connaître et de comprendre les limites du système naturel.

En ce qui concerne la stratégie du froid en particulier, les matériaux poreux de ce qui nous entourent (murs, sols, ..., recouvrement des cours, jardins, rues, parcs, ...), ont la capacité d'absorber temporairement la condensation (le matin tôt à l'extérieur, et l'après-midi à l'intérieur), les pluies, etc. Le mode de construction traditionnel a généralement mis en œuvre des matériaux favorables à ce processus. L'évaporation de cette eau tire son énergie de l'air et refroidit les surfaces dont l'eau s'évapore. En été, ce refroidissement adiabatique gratuit est favorable au confort ; il est alors à juste titre appelé « la bioclimatisation »²⁰

L'enveloppe extérieure peut également accumuler l'eau par condensation en surface ou en profondeur du mur. Un mur bien conçu n'est pas exposé à la condensation en profondeur. Cette condensation peut provenir de l'air intérieur en hiver et de l'air extérieur en été. La condensation par l'intérieur doit être évitée ; la condensation par l'extérieur en été (phénomène matinal) peut être favorable pour protéger la maison de la surchauffe.

Les sources de l'humidité en général

Les sources de l'humidité dans les murs, les sols, les plafonds, ... sont multiples :

- Condensation – hygroscopie
- Pluies battantes avec infiltrations à la base du mur.
- Fuites locales (égouts, tuyauteries, ...)
- Sels pathologiques
- Humidité de construction
- Végétations à proximité des façades ou fixées sur les façades

1.5.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

La construction traditionnelle, en se perfectionnant, tente de s'adapter aux contraintes locales et temporaires (matériaux disponibles, climat, moyen financiers et techniques de création et d'exploitation, type d'urbanisation, ...), et bénéficie de ce que l'on pourrait appeler à juste titre une intelligence passive, dont l'homéostasie²¹ est une caractéristique importante.

²⁰ Voir note de bas de page précédente

²¹ Au sens général, l'homéostasie est la tendance d'un système ou d'une organisation à atteindre un équilibre interne et à le maintenir. « L'homéostasie est la capacité que peut avoir un système quelconque (ouvert ou fermé) à conserver son équilibre de fonctionnement

Cette intelligence est dénommée passive parce qu'elle ne nécessite aucune intervention de la part de l'utilisateur, ni aucune régulation mécanique ou électronique. L'habitat prend soin de l'habitant. Dans l'art de construire sainement et durablement, avec des moyens limités, cette convergence vers un équilibre assume l'idée que la perfection est une notion relative et que l'imperfection n'est pas problématique (pour l'habitant et l'habitat) quand elle peut être contenue dans des limites confortables.

Dans les artefacts comme l'architecture, la zone d'équilibre est une nécessité, une volonté et en même temps une acceptation qui font partie de la création. Les conditions de vie et d'habitat qui en résultent, visées et acceptées, s'accordent aux climats, saisons, activités.

La construction traditionnelle fait appel à un grand nombre de phénomènes qui se contrebalancent.

- Eau : absorption – migration – condensation – évaporation
- Stabilité : résistance – flexion – réorganisation des descentes de charges
- Transformations : rupture – soudure – solution – cristallisation
- ...

Ces exemples de processus, continuels ou temporaires, réversibles ou non, ... échappent à l'attention. La gestion de l'eau et de l'humidité est un des aspects majeurs gérés l'intelligence passive de l'habitat.

Il est pertinent de dire que les maisons du Logis et de Floréal ne sont pas exceptionnelles, dans le sens où elles sont traditionnelles, mais elles sont précieuses dans le sens où le mode de construction utilisé mobilise cette intelligence passive, nonobstant le contexte historique de leur création lors de la Reconstruction après la Première Guerre et, partant, la volonté de renouveler, d'accélérer, d'économiser, ... la construction.

Les solutions prévues dans le plan de gestion patrimoniale visent, dans la mesure de ce qui est possible actuellement, à restaurer les éventuels déséquilibres par des mesures locales. Afin que ces mesures locales soient bien efficaces, le plan de gestion demande que le diagnostic des problèmes d'humidité soit juste et motivé par un examen circonstancié

Les sources générales d'humidité mentionnées ci-avant sous 1.5.1 doivent être prises en compte. S'y ajoutent, en particulier :

- La végétation trop abondante à proximité et devant les façades.
- Le système d'égout vétuste.
- Les plinthes de façades « goudronnées » qui reportent plus haut dans les parois, par capillarité, l'humidité qui s'est infiltrée à partir du sol.
- ...

1.5.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale

Les clauses techniques T02 prévoient bon nombre de travaux qui visent à résoudre des problèmes d'infiltration d'eau et d'humidité dans les murs :

- B1.1 Réparation de l'enduit décoratif dégradé
- B1.2 Réparation des fissures
- B1.3 Application d'une nouvelle couche de finition spéciale
- B1.4 Travaux d'isolation thermique des façades
- B1.5 Isolation thermique intérieure des retours plafonnés des baies de façade

en dépit des contraintes qui lui sont extérieures » (définition générale donnée par Claude Bernard (1813-1878) à partir d'observations physiologiques).

- B2 Protections noires aux pieds des façades - entretien & réparations
- B4 Moulures saillantes sur enduit décoratif - restitution & restauration
- B6.1 Réparation de seuils de portes
- B6.2 Réparation d'appuis de fenêtre
- B7.1.3 Isolation intérieure du pont thermique des auvents en béton armé
- B7.2.3 Isolation intérieure des ponts thermiques des corniches en B.A.
- B7.3.2 Isolation des ponts thermiques du béton armé des oriels (loggias)
- B7.3.3 Isolation par l'extérieur des allèges des fenêtres des oriels (loggias)
- B7.3.4 Isolation par l'intérieur des allèges des fenêtres des oriels (loggias)
- C2.1 Couvertures en tuiles - Tous travaux d'étanchéité
- C2.2 Couvertures en zinc - Tous travaux d'étanchéité
- C2.3 Couvertures bitumineuses sur béton - Tous travaux d'étanchéité
- C2.4 Corniches et chéneaux - Tous travaux d'étanchéité
- D1.3.3 Resserrage extérieur entre les menuiseries et le gros-œuvre
- G1.22 Isolation de sols portants au-dessus d'espaces inaccessibles humides
- G2.10 Traitement des murs d'espaces situés au-dessus de planchers autoportants
- G2.20 Traitement des murs d'espaces situés au-dessus de sols sur pleine terre.

1.6 Autres mesures de la gestion de la température et de l'humidité

Il est rappelé que ce volume T05 tend à cadrer les travaux autorisés décrits dans le cahier T02, ce qui ne signifie pas que ce sont les seules mesures en faveur du confort.

D'autres mesures peuvent y contribuer :

1.6.1 Les rideaux - voiles

Ce type de garniture a quelques avantages connus:

- Ils distribuent mieux la lumière naturelle dans les espaces
- Ils augmentent l'intimité des espaces qui sont en relation avec l'espace extérieur public

Moins connu est leur effet sur le confort hygrothermique :

- Ils diminuent le rayonnement froid des surfaces vitrées²².
- Ils créent un compartiment supplémentaire entre le vitrage et le climat intérieur. Du fait que ce compartiment diminue l'échange thermique direct entre le climat intérieur et la surface froide, il emprisonnera un climat plus froid que celui de l'air ambiant de

²² le mesurage au moyen d'outils thermographiques permet de constater que le résultat obtenu par des rideaux voiles est au moins comparables au remplacement du simple vitrage par un vitrage isolant performant. Le résultat dépend aussi de la profondeur et de la fermeture des plis : plus le rapport entre la longueur développée du rideau et la largeur de l'ouverture est grand, meilleur est le résultat.

la pièce. Pour optimiser l'effet, il faut ralentir la circulation de l'air (la convection) qui passe en périphérie du rideau en veillant à des raccords à la baie sans trop de jeu. Par exemple :

- en installant le rideau dans la baie, et non pas devant la baie
- ou, si le rideau est devant la baie, en le faisant tomber sur une tablette de fenêtre.
- Du fait que l'air est plus froid dans le compartiment mais que l'équilibre d'humidité absolue est maintenu²³ entre l'espace de vie et le compartiment, les surfaces froides (comme le verre) fonctionnent comme un déshumidificateur naturel²⁴ et font condenser l'humidité de la maison sur les surfaces froides dans le compartiment. Ce phénomène est avantageux et sans nuisance ni dégradation dans le cas où ce sont les vitres qui sont les plus froides, et non pas le châssis, les tablettes ou les retours des baies. Il faut donc y éliminer les ponts thermiques.

Bien que ces rideaux-voiles n'aient aucune capacité isolante en soi, en réduisant la circulation de l'air devant la fenêtre et en déshumidifiant l'atmosphère, ils ont une performance non négligeable sur les composantes du confort et sur la performance énergétique des baies de fenêtre.

1.6.2 Les rideaux - tentures :

Contrairement aux rideaux-voiles, les rideaux tentures :

- possèdent en eux-mêmes une certaine capacité d'isolation thermique,
- sont plus opaques, et donc non transparents,
- sont moins perméables à l'air et favorisent moins bien l'équilibre de l'humidité absolue entre l'espace de vie et l'espace en contact avec la fenêtre. Leur capacité à déshumidifier est donc moins performante.

1.6.3 Les membranes réflecteurs :

P.M.

²³ Cet équilibre d'humidité absolue est garanti grâce à la structure ouverte du rideau-voile.

²⁴ Du fait de l'équilibre d'humidité absolue, les températures inférieures dans le compartiment font monter l'humidité relative, ce qui entraîne la condensation sur les surfaces froides.

2 ECONOMIE D'ÉNERGIE PAR L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

2.0 Généralités concernant l'économie d'énergie par l'enveloppe extérieure

2.0.1 Petit glossaire

Conductivité thermique (λ , lambda):

Grandeur physique caractérisant le transfert thermique par conduction dans un matériau donné. Il représente l'énergie (en Watt) transférée par unité d'épaisseur (en mètres) et par unité de gradient de température (en °Kelvin). La valeur de λ s'exprime en W/m/°K. La valeur est influencée par l'humidité des matériaux. Les valeurs utilisées généralement sont celles du matériau dans un état d'équilibre sec. Il est donc important que les murs, isolants, ..., soient secs pour que la réalité corresponde au résultat calculé.

Condensation

La vapeur d'eau se transforme en liquide (se condense) quand l'humidité relative atteint 100%. Ce pourcentage est fortement influencé par la température de l'air. Un air chaud peut contenir plus d'eau qu'un air froid. En se refroidissant, un volume d'air chargé de vapeur d'eau voit augmenter son humidité relative; il perd une partie de la vapeur d'eau par condensation quand l'humidité relative atteint 100%.

Diffusion de la vapeur

Le facteur de diffusion de la vapeur d'eau détermine la perméabilité d'un matériau à la vapeur d'eau. Ce facteur joue un rôle important dans le risque de condensation interne dans l'enveloppe extérieure.

Du fait que la température de la paroi extérieure diminue progressivement de l'intérieur vers l'extérieur, sa saturation d'eau augmente. Dans certaines zones de la paroi, la saturation peut éventuellement atteindre 100%. Il y a alors condensation.

Pour éviter la condensation interne, les matériaux de la cloison intérieure doivent freiner la migration de la vapeur d'eau pour que l'évacuation de la vapeur vers l'extérieur se fasse plus vite que la migration de la vapeur au travers de la paroi. Parfois, quand le mur est mal composé ou que la quantité d'eau du climat intérieur est très élevée, le seul moyen pour freiner la vapeur d'eau est d'équiper la paroi extérieure d'un pare vapeur.

Enveloppe extérieure

L'enveloppe thermique extérieure d'un bâtiment est l'ensemble des éléments de construction qui sépare le volume chauffé du climat extérieur. C'est au travers des éléments de l'enveloppe que se font les transferts de chaleur vers l'extérieur en hiver et que se font les transferts de la chaleur vers l'intérieur en été. Les modes de transfert sont la conduction, la convection, le rayonnement, l'évaporation et la condensation.

Performance énergétique:

La performance énergétique tel qu'elle est définie dans la directive (2002/91/CE) pour la performance énergétique des bâtiments (PEB), est la quantité d'énergie effectivement consommée ou estimée pour répondre aux différents besoins liés à une utilisation standardisée du bâtiment²⁵. Cette quantité tient compte de l'isolation, des installations techniques réelles, de l'exposition solaire, de l'incidence du bâti environnant, des énergies renouvelables disponibles. La performance est calculée en fonction de températures intérieures standardisées et du climat extérieur des 10 dernières années.

La performance énergétique :

²⁵ Cela inclut le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage.

- se calcule sur base du niveau K, qui est le niveau d'isolation thermique globale du bâtiment, exprimé en $W/m^2/K$.²⁶
- est exprimé par une classe énergétique (allant de A++ pour le meilleur, à G pour le plus mauvais), et un indice énergétique, exprimé en $kWhEP/m^2/an$.²⁷

Résistance thermique (R):

On parle de la résistance thermique d'un matériau de l'enveloppe extérieure à la conduction. La valeur R s'exprime en $m^2.K/W$, dans laquelle K est la température en °Kelvin. La résistance thermique d'une paroi à la conduction est la somme des résistances thermiques des matériaux composant la paroi. Pour connaître la résistance thermique totale d'une paroi, on y ajoute à cette somme les résistances thermiques d'entrée et de sortie, qui dépendent entre autres de la vitesse de l'air en contact avec la surface d'échange, et aussi du fait si cet air est plus froid ou plus chaud que la surface de la paroi, etc.

2.0.2 Quantifier l'économie d'énergie

Pour plus d'information concernant les contenu et valeurs de performances énergétiques : voir le site de Bruxelles Environnement : www.bruxellesenvironnement.be

Des simulateurs d'économie d'énergie sont disponibles sur le web, comme celui du ministère www.energivores.be.

2.1 Les murs de façade.

2.1.1 Considérations générales

La consommation énergétique dépend de la composition des murs et de leur état. Tout matériau a une résistance thermique qui participe, en fonction de son épaisseur, à la résistance thermique finale du mur de façade. Quand les matériaux du mur ne sont pas isolants ou qu'ils sont humides, la maison perd beaucoup d'énergie par les murs de façade. L'importance de la perte dépend bien sûr aussi de l'importance de la superficie des murs extérieurs par rapport à l'enveloppe.

2.1.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Les murs de façade des cités jardins Le Logis et Floréal sont des murs non isolés et massifs, comme quasiment tous les murs construits avant 1950. La majorité des murs de façade est recouverte d'un enduit avec une structure crépissée en surface. Le cœur constructif du mur diffère selon la période de construction : la brique pleine ou un béton caverneux isolant. Aux endroits des linteaux, encastremements, colonnes, ..., ces matériaux sont interrompus par des éléments en béton armé encore moins isolants. Ce sont les ponts thermiques (dits aussi nœuds constructifs), traités ci-avant sous 1.3.

Les clauses techniques des travaux autorisés (T02) prévoient la possibilité d'isoler les murs de façade sous certaines conditions (voir 0.1.2-c) ci-avant)

2.1.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimonial.

B1.4 Isolation thermique extérieure des façades enduites.

B2 Protection noire aux pieds des façades – entretien & réparation.

²⁶ Quand le coefficient moyen de transmission thermique d'un bâtiment est $0,50 W/m^2/K$, on dit que le niveau K est K50. Le niveau est calculé suivant la NBN B 62-301

²⁷ $kWhEP/m^2/an$ = kilowattheure d'énergie primaire par m^2 de surface chauffée et par an.

2.2 Sols sur espaces non chauffés.

2.2.1 Considérations générales

Les sols intérieurs font parfois partie de l'enveloppe du volume chauffé. C'est le cas des sols sur terre pleine et les planchers portants sur vides ou sur espaces non chauffés.

C'est surtout par les planchers sur des vides ventilés directement par l'extérieur que les déperditions de chaleur peuvent être très importantes.

La bonne approche pour isoler est de veiller à ne pas détruire le confort d'été. Il faut donc tenter de garder le volume protégé en contact avec les masses thermiquement inertes, comme la pleine terre sèche, les dalles portantes en béton ou sur voûtes en briques.

Quand le sol du vide ventilé ou le sol en pleine terre est humide, le phénomène est alors très différent. L'évaporation de cette humidité devient une source de refroidissement constant par processus adiabatique (voir aussi 2.0.3-c). Il faut alors empêcher que cet effet de refroidissement entre en contact avec le volume protégé. Neutraliser cet effet est alors plus bénéfique que d'isoler.

Un sol sec sur pleine terre apporte un confort d'été. Exceptionnellement, quand le sol (en carrelage) est beaucoup plus frais que l'air entrant, de la micro condensation peut se produire sur le sol. C'est ce que l'on appelle de l'inversion. Ce problème n'existe en général qu'en cas de ventilation abondante au printemps.

En revanche, conserver le confort d'été par cette stratégie du froid consistant à ne pas isoler les sols sur pleine terre sèche produit un désavantage en hiver, qui peut être compensé par la pose des carpettes²⁸. Il faut souligner que la pleine terre sèche trouve aussi une situation d'équilibre tel qu'il n'y a plus d'énergie qui puisse s'échapper.

2.2.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

Le problème spécifique pour Le Logis & Floréal est traitée extensivement sous l'art.G1.0 dans le cahier T02. Les clauses techniques offrent des solutions particulières pour chaque cas particulier rencontré dans les maisons classées :

1. sols portants au-dessus d'espaces accessibles non chauffés
 - 1.1 sols portants en bois au-dessus d'espaces accessibles
 - 1.2 sols portants en béton au-dessus d'espaces accessibles
2. sols portants au-dessus d'espaces inaccessibles non chauffés
 - 2.1 sols portants au-dessus d'espaces inaccessibles secs
 - 2.2 sols portants au-dessus d'espaces inaccessibles humides
3. sols non portants sur pleine terre
 - 3.1 assainissement de sols non portants humides

2.2.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

G1.11 Isolation de sols portants en bois au-dessus d'espaces accessibles

²⁸ La pose de tapis pleins fixes sur sols froids est déconseillée du fait que la condensation se posera quand même sur les carrelages en dessous du tapis, où elle a difficile à s'évaporer. Ceci est la source de moisissures et de champignons.

- G1.12 Isolation de sols portants en béton ou hourdis en béton au-dessus d'espaces accessibles.
- G1.21 Isolation de sols portants au dessus d'espaces inaccessibles secs
- G1.22 Isolation de sols portants au dessus d'espaces inaccessibles humides
- G1.31.1 Enlèvement des sols existants pour assainir des sols non portants humides
- G1.31.2 Réalisation d'un sous-pavement drainant sous des sols non portants humides

2.2.4 Précautions

Le choix d'isoler les sols doit être mis en balance avec la perte d'inertie et du confort d'été. Voir 2.2.1

2.3 Les toitures.

2.3.1 Considérations générales

L'importance et le rendement des investissements dans l'isolation des toitures sont généralement confirmés.

Les toits des maisons représentent en général 20 à 30 % de toutes les pertes de chaleur d'une habitation²⁹.

2.3.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Dans les maisons des cités Le Logis & Floréal, l'importance de la superficie des toits par rapport à l'ensemble de l'enveloppe extérieure varie très fortement en fonction des types de maisons. La surface développée des toits représente entre 30 et 60% de l'enveloppe extérieure froide. Même pour les maisons à étages et entre mitoyen, la toiture reste donc une source importante de pertes.

Les toits à versants des maisons sont constitués de charpentes en bois recouvertes de tuiles en terre cuite à l'extérieur et de plafonnage à l'intérieur des locaux habités sous toit. Les toits plats (sur lucarnes, loggias, ...) sont réalisés soit en bois recouvert de zinc, soit en béton recouvert d'une membrane bitumeuse.

Ces modes de construction ne présentent ni inertie, ni résistance thermique. Isoler les toitures est donc important pour le confort d'hiver et le confort d'été, pour la stratégie du chaud comme pour la stratégie du froid.

Le bénéfice en énergie sera encore plus important si les locaux sous toiture sont habités ou habitables. Beaucoup de grenier sont déjà transformés en chambre. Même si des greniers existent encore, il est préférable et plus efficace de ne pas isoler l'enveloppe réduite du volume actuellement chauffé, mais d'isoler complètement la forme extérieure simple, dans les buts suivants :

- augmenter la compacité du volume isolé
- limiter les ponts thermiques des murs sortant du volume réduit
- augmenter la masse construite à l'intérieur de l'enveloppe isolée, dans le but d'augmenter l'inertie hygrothermique de la maison et son confort d'été.

Le détail des raccords entre toits et façades figure dans le cahier des détails (P02) joint aux clauses techniques (T02). Ce détail suit la logique de la compacité du volume chauffé.

²⁹ Suivant www.energivores.be

2.3.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

- C1.4.1 Travaux d'isolation des toitures en pente, exécutés lors de la rénovation du recouvrement.
- C1.4.2 Travaux d'isolation des toitures en pente, exécutés lors de travaux intérieurs.
- C3.2.4 Pose d'une fenêtre de toit isolée (VELUX) avec stores anti-solaires.
- C4.6 Isolation thermique des faces latérales des toits et des lucarnes

2.3.4 Précautions

Ces travaux d'économie d'énergie n'ont aucun effet défavorable (p.e. sur le confort) si les détails d'exécution du cahier P02 sont bien respectés. Ils sont conseillés dans tous les cas.

2.4 Le vitrage des menuiseries extérieures.

2.4.1 Considérations générales

Les menuiseries extérieures jouent des rôles très différents dans l'architecture et le climat des maisons ; éclairer et ventiler sont les plus nécessaires et les plus importants. En revanche, « *Les fenêtres peuvent être à l'origine de 15 à 35% de toutes les pertes de chaleur dans une habitation* »³⁰.

Les fenêtres permettent de profiter des apports d'énergie solaire gratuits mais elles sont en même temps à l'origine d'une bonne partie de la surchauffe des maisons en été.

La problématique de l'étanchéité des menuiseries extérieures est traitée sous le point 1.2 de ce cahier, relatif au confort et à la santé. La problématique du vitrage des menuiseries est traitée ici dans le chapitre 2 relatif à l'économie parce que le choix des verres a des effets calculables et directs sur la consommation d'énergie : l'économie peut être chiffrée (voir 0.1.2).

2.4.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Les moyennes belges de pertes de chaleurs citées ci-avant sont surévaluées pour les maisons vertes et jaunes du Logis et de Floréal. Les fenêtres sont petites et le vitrage est subdivisé par des croisillons en bois. Leur surface par rapport à l'enveloppe extérieure froide est minimale. Même les maisons blanches, dont les superficies vitrées sont les plus importantes, se situent dans la tranche basse d'environ 15%.

Si l'économie d'énergie à espérer dépend de la superficie des verres par rapport à la superficie de l'enveloppe extérieure globale, ce n'est pas le cas pour le confort. Pour celui-ci, il reste utile de limiter les déperditions par les verres des menuiseries extérieures.

2.4.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

- D1.2.3 Pose ou remplacement du vitrage par des verres feuilletés isolants, type A (U=+/-3,4)
- D1.2.4 Pose ou remplacement du vitrage par du double vitrage mince, type B (U=+/-1,9)

³⁰ Suivant www.energivores.be

2.4.4 Précautions

Le verre est d'habitude la surface froide qui condense l'eau excédentaire dans la maison. Ceci est heureusement un phénomène naturel de stabilisation du taux d'humidité dans la maison. Le verre ne pourrait pas, et les châssis traditionnels sont munis de caniveaux de récolte de condensation et de petites évacuations d'eau.

Le remplacement de verres originaux par des verres isolants risque de reporter cette condensation sur des surfaces plus sensibles à l'humidité : les murs, les bois non laqués, les tissus, Pour cette raison les travaux sous D1.2.3 et D1.2.4 doivent être obligatoirement accompagnés de l'isolation des retours des baies des fenêtres concernés, conformément à l'article B1.5.1. Pour les travaux repris sous D1.2.4, d'autres travaux d'isolation doivent accompagner le remplacement du verre (voir la liste de ces travaux sous l'art. D1.2.4 du cahier T02).

2.5 Isolation des portes d'entrée.

2.5.1 Considérations générales

Les portes d'entrée en bois massif ont en général une isolation thermique suffisante, sauf celles où des panneaux minces non isolés garnissent les montants de la porte.

2.5.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

Aux cités Le Logis & Floréal, il y a des portes d'entrée :

- à double panneau triplex avec vide intermédiaire, appliqué sur les encadrements
- à simple panneau multiplex 5 couches placé dans les encadrements.

Ces portes sont une source de froid dans les sas d'entrée. Les clauses techniques du cahier T02 prévoient l'isolation de ces types de portes d'entrée.

2.5.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

D1.4.3 Isolation thermique des menuiseries (Isol###) – travaux de restauration

D1.4.4 Isolation thermique des menuiseries (Isol###) – travaux de restitution

D3.1-8 Portes d'entrée – isolation thermique des portes à panneaux fins

2.6 Assainir les murs et sols humides

2.6.1 Considérations générales

L'humidité dans la performance énergétique de la maison.

Quand l'enveloppe extérieure est humide, **sa résistance thermique diminue** (voir 2.0.1), et la maison perd sa chaleur en hiver. Cela joue un rôle direct et calculable sur la performance énergétique de la maison. Pour tenir compte de la grande diversité d'exposition à l'humidité des murs extérieurs, on accepte une augmentation conventionnelle de la conductivité thermique de l'ordre de 25 à 40% pour les matériaux des murs extérieurs de l'ensemble de l'enveloppe extérieure..

2.6.2 Les cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Le pourcentage susmentionné est une moyenne des murs à humidité variable.

Les différences entre murs secs et murs humides sont plus importantes. Par exemple, pour une maçonnerie sèche en briques pleines et mortier bâtard (masse volumique = +/-

1500kg/m³), tel qu'utilisé pour la majorité des murs de façade des maisons de Le Logis et de Floréal, on utilise la valeur de conductivité thermique égale à 0,46 W/m/°K. Pour une même maçonnerie, mais humide³¹, on utilise le double de cette valeur.

Un mur qui garde sa pleine capacité d'isolation est un mur sec. Un mur occasionnellement humide retrouve très vite en hiver son équilibre d'isolation optimale si sa température de surface extérieure est un peu plus élevée que l'air extérieur, et s'il n'y a pas de condensation qui peut se former en surface ou au sein du mur. En hiver, l'eau a tendance à s'évaporer par l'extérieur, ce qui, dans l'architecture traditionnelle, alimente la surface extérieure de chaux libre et colmate naturellement les fissures, ce qui à son tour réduit les infiltrations d'eau par l'extérieur.

Ces divers phénomènes collaborent à un état d'équilibre sec des façades. Cet équilibre, qui fait partie de l'intelligence passive (voir 1.5.2) de l'architecture traditionnelle, peut être rompu dès que le mur atteint un taux d'humidité trop élevé ; par la perte de sa résistance thermique le mur devient trop froid par l'intérieur, sa surface condense l'eau présente dans l'air intérieur, ce qui humidifie d'avantage le mur. S'y ajoute que l'évaporation de cette masse d'eau est en soi une source de froid. Un cercle vicieux pousse le mur à devenir de plus en plus froid et humide ; la tendance à sécher est remplacée par une tendance humide.

En conclusion, les murs de façades sont capables de garder naturellement un taux d'humidité minimal et une isolation maximale, si l'apport d'eau se limite aux expositions normales d'humidité du mur comme enveloppe extérieure (pluies occasionnelles, migration d'humidité due aux gradients de température entre les climats intérieurs et extérieurs). Tout autre apport d'eau doit être évité.

Les sources d'humidité particulières connues dans les maisons du Logis et de Floréal sont mentionnées sous 1.5.2

2.6.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale

Les clauses techniques T02 prévoient un bon nombre de travaux qui visent à résoudre des problèmes d'infiltration d'eau et d'humidité dans les murs :

- B1.1 Réparation de l'enduit décoratif dégradé
- B1.2 Réparation des fissures dans l'enduit décoratif
- B1.3 Application d'une nouvelle couche de finition spéciale
- B1.4 Les travaux d'isolation thermique des façades
- B1.5 Isolation thermique intérieure des retours plafonnés des baies de façade
- B2 Protections noires aux pieds des façades - entretien & réparations
- B4 Moulures saillantes sur enduit décoratif - restitution & restauration
- B6.1 Réparation de seuils de portes
- B6.2 Réparation d'appuis de fenêtre
- B7.1.3 Isolation intérieure du pont thermique des auvents en béton armé
- B7.2.3 Isolation intérieure des ponts thermiques des corniches en B.A.
- B7.3.2 Isolation des ponts thermiques du béton armé des orielles (loggias)

³¹ Un mur exposé aux pluies, à la condensation interne ou superficielle, à l'eau ascensionnelle. Pour des murs trempés, exposés à des infiltrations directes, cette valeur de conductivité thermique est encore plus élevée.

- B7.3.3 Isolation par l'extérieur des allèges des fenêtres des oriels (loggias)
- B7.3.4 Isolation par l'intérieur des allèges des fenêtres des oriels (loggias)
- C2.1 Couvertures en tuiles - Tous les travaux d'étanchéité
- C2.2 Couvertures en zinc - Tous les travaux d'étanchéité
- C2.3 Couvertures bitumineuses sur béton - Tous les travaux d'étanchéité
- C2.4 Corniches et chéneaux - Tous les travaux d'étanchéité
- D1.3.3 Resserrage extérieur entre les menuiseries et le gros-œuvre
- G1.22 Isolation de sols portants au-dessus d'espaces inaccessibles humides
- G2.10 Traitement de murs d'espaces au-dessus de planchers autoportants
- G2.20 Traitement de murs d'espaces au-dessus de sols sur terre pleine

2.7 Autres mesures utiles, à retenir

A référer à 1.6

3 MESURES EN FAVEUR DE LA SÉCURITÉ ET DU CONFORT D'UTILISATION

3.0 Généralités concernant la sécurité et le confort d'utilisation

Protéger et faciliter la vie figurent parmi les fonctions importantes de l'habitat. Le cadre et les conditions de la vie privée figurent parmi les premiers requis pour l'égalité des chances.

Les clauses techniques des travaux autorisés, décrites dans le volume T02, prévoient l'amélioration de la sécurité et la facilité de vie.

3.1 Performance du vitrage

3.1.1 Considérations générales

Les verres des menuiseries extérieures sont des points faibles dans la protection contre l'effraction. Une façon d'empêcher et surtout de décourager l'effraction est de remplacer les verres par des verres feuilletés. Un verre feuilleté peut être abîmé en cas de tentative d'effraction, mais il faut insister et perdre du temps pour y faire une ouverture et accéder à l'intérieur.

Les verres feuilletés sont en même temps une solution :

- pour améliorer l'isolation thermique des verres (voir 2.4)
- pour améliorer l'isolation acoustique des verres (voir 4.1)

3.1.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Dans une cité-jardin comme Le Logis & Floréal, les maisons sont accessibles de tous les côtés, y compris des endroits où le contrôle social n'est pas garanti, comme les jardins. Originellement les haies entre les jardins étaient plus basses, ce qui permettait un meilleur contrôle social. Les parties vitrées des menuiseries du rez-de-chaussée, situés à l'abri de la vue des passants sont les points les plus fragiles.

3.1.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimonial.

- D1.2.2 Pose ou remplacement du vitrage par des verres feuilletés.
- D1.2.5 Doublage de sécurité du verre originel
- D3.1-7 Portes d'entrée – verre feuilleté anti-effraction
- D7.1.2 Travaux d'adaptation aux portes de garage originelles
- D7.2.3 Travaux d'adaptation au concept originel des portes de garage métalliques (verre anti-effraction)

3.2 Performances des systèmes de fermeture des portes d'entrée et de garage

3.2.1 Considérations générales

Pour mieux résister à l'effraction, les portes d'entrées et portes de garage peuvent être équipées de systèmes de fermetures plus performants. En remplaçant les verres par des verres anti-effraction dans les parties vitrées, on empêche l'accès aux systèmes de fermeture. Ce n'est pas le cas pour les portes où les profils à simple frappe permettent l'accès à la gâche et où le fait de forcer un peu le dormant permet de déboîter la fermeture.

3.2.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

Les portes d'entrée et les portes de garage sont fait de profils à simple frappe.

Les clauses techniques T02 autorisent la modification des systèmes de fermeture, en les remplaçant par de fermetures à 3 points, qui empêchent l'ouverture des portes tel qu'il est mentionné sous 3.2.1.

3.2.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

D3.1-5 Portes d'entrée – système de fermeture à trois points

D7.1.2 Travaux d'adaptation aux portes de garage originelles

3.3 Accessibilité & facilité d'utilisation

3.3.1 Considérations générales

Ce point particulier vise à faciliter la circulation dans les zones de reculs, entre les trottoirs et les portes d'entrée.

3.3.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

Les cités Le Logis & Floréal sont implantées dans un paysage vallonné. Les accès aux portes d'entrée à partir du domaine public ne pouvaient pas être de plein pied partout. A certains endroits, des mains courantes et des garde-corps ont été prévus depuis l'origine. Les clauses techniques (T02) prévoient la possibilité d'ajouter des mains courantes et garde-corps le long des chemins et escaliers qui vont du trottoir aux portes d'entrée.

3.3.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

E4.1.3 Garde-corps et mains courantes non originels

3.4 Facilité d'utilisation des fenêtres à guillottes

3.4.1 Considérations générales

Pour qu'une menuiserie extérieure puisse remplir de manière adéquate toutes les fonctions que l'on en attend (par exemple : être lavée, servir à ventiler, ..) il faut que les parties ouvrantes soient faciles à manipuler (ouvrir, fermer).

3.4.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Dans les cités le Logis et Floréal, les habitants se plaignent à juste titre d'un problème de difficulté de manipulation des châssis à guillotine du type sans contrepoids. L'art. D2.3 des clauses techniques dans le volume T02 décrit cette problématique. Les parties ouvrantes sont trop lourdes. En plus, le fait de remplacer les verres par des verres plus performants (sécurité, acoustique, thermique) accentue fortement le problème.

Les clauses techniques prévoient de résoudre ce problème en ajoutant un contrepoids non encastré, réglable en fonction du poids des verres. De tels dispositifs n'existent pas de manière standard sur le marché ; les dessins repris dans le cahier des détails d'exécution (P02) permettent la fabrication spéciale du système de contrepoids.

3.4.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

D2.3.2-2 Fenêtres à guillotine – ajout de contrepoids

4 ISOLATION ACOUSTIQUE

4.0 Généralités concernant l'isolation acoustique

4.0.1 Types de bruits – types d'isolation acoustique

L'isolation acoustique, appelée aussi isolation phonique, vise à limiter la propagation du bruit.

Le bruit se propage dans l'air et dans les solides, d'où la distinction des bruits aériens et des bruits d'impact ou de contact. Pour les deux, il est pertinent de dire que « le bruit n'a pas d'ombre ». Il se propage par vibration dans la matière, et dans tous les sens, une fois le bruit entré dans la matière en question.

Les mesures à prendre contre les bruits d'impact et les bruits aériens sont assez différentes. Pour éviter les bruits d'impact il convient d'éviter les bruits d'entrer dans un matériau. Pour les bruits aériens, il convient de compartimenter les volumes d'air par des moyens appropriés.

Il existe aussi les bruits de résonance. C'est le cas, quand un élément est sensible en particulier à une fréquence sonore bien déterminée. Cette fréquence de résonance dépend de plusieurs facteurs : des caractéristiques de la matière dont l'élément est constitué ainsi que des caractéristiques de forme de l'élément. Intervenir sur des bruits de résonance demande d'intervenir sur ces deux facteurs.

4.0.2 Isolation acoustique des menuiseries extérieures.

Dans le cadre des travaux autorisés aux maisons du Logis et de Floréal, l'isolation acoustique vise principalement à limiter la propagation du bruit par les fenêtres et portes. Ce sont les bruits aériens et des bruits de résonance qui interviennent surtout.

- a) Les bruits aériens pénètrent dans la maison par des fuites d'air, qui peuvent se situer entre les ouvrants et les dormant des menuiseries, et au niveau des raccords entre les menuiseries et le gros-œuvre. Les mesures en faveur de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure constituent donc également des mesures en faveur de l'isolation acoustique des bruits aériens.
- b) Les bruits de résonance peuvent provenir des verres. Les verres réagissent sur les bruits extérieurs comme des membranes qui captent le bruit, vibrent et le transmettent vers l'intérieur. Il convient alors de composer le vitrage de manière à limiter cette résonance. Des verres composés de plusieurs couches différentes sont insensibles aux effets de résonance. Certains verres thermiquement isolant ont également des capacités d'isolation phonique du fait de leur composition multicouche.

4.1 Performances des vitrages

4.1.1 Considérations générales

Ce point concerne la problématique visée sous 4.0-b) ci-avant.

4.1.2 Le cas des cités-jardins Le Logis & Floréal

Les verres originaux au Logis et à Floréal sont des petits formats dans les maisons vertes et les maisons jaunes. Ils sont plus grands dans les maisons blanches. Ils réagissent autrement à l'exposition des bruits. Les petits formats d'anciens verres (c.à.d. un peu irrégulier) sont très peu sensibles aux résonances. Leur faible sensibilité se situe dans les sons élevés. Les grands formats sont sensibles à des fréquences plus basses. Un verre

régulier (appelé float) est plus sensible à la résonance du fait que la fréquence est très limitée et précise ; la résonance s'amplifie.

4.1.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

Les mesures en faveur de l'isolation thermique des verres (voir 2.4) ainsi que les mesures anti-effraction au niveau des verres (voir 3.1) sont également des mesures en faveur de l'isolation acoustique au niveau des verres..

D1.2.2 Pose ou remplacement du vitrage par des verres feuilletés

D1.2.3 Pose des verres feuilletés isolants, type A (U=+/-3,4)

D1.2.4 Pose de double vitrage mince, type B (U=+/- 1,9)

D1.2.5 Doublage de sécurité du verre originel imprimé.

4.2 Performance des menuiseries

4.2.1 Considérations générales

Ce point concerne la problématique visé sous 4.0-a) ci-avant.

4.2.2 Le cas des cités jardins Le Logis & Floréal

La source principale d'éventuelles nuisances de bruits extérieurs provient :

- du manque d'étanchéité des menuiseries (fenêtres et portes)
- des fuites d'air autour des menuiseries
- des raccords dans les charpentes (toits et lucarnes)

Résoudre les problèmes de manque d'étanchéité des maisons, résout en même temps d'éventuels problèmes de nuisance de bruits extérieurs (voir 4.0.-a ci-avant)

4.2.3 Les mesures prévues dans le plan de gestion patrimoniale.

Les mesures en faveur de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure, mentionnées sous 1.2 ci-avant, sont également des mesures en faveur de l'isolation acoustique des bruits d'air.

D1.3.3 Resserrage extérieur entre les menuiseries et le gros-œuvre

D1.3.4 Resserrage intérieur entre les menuiseries et les finitions intérieures

D1.4.1 Etanchéité à l'air des ouvrants de fenêtre (Etan##) – travaux de restauration

D1.4.2 Etanchéité à l'air des ouvrants de fenêtre (Etan##) – travaux de restitution

D3.1-5 Portes d'entrée – système de fermeture à trois points

D3.1-6 Portes d'entrée – système anti-courant d'air dans la traverse inférieure

D3.1-9 Portes d'entrée - profils d'étanchéité à l'air entre ouvrant et dormant

D4.2.21 Restauration du volet mécanique (comprenant le resserrage des éléments)

D4.2.24 Mesures d'économie d'énergie pour les volets mécaniques.

D7.1.2 Travaux d'adaptation aux portes de garage originelles

5 AUTRES**5.1 Travaux aux parties classées favorables à la performance des infrastructures****5.1.1 Meilleure performance de l'installation de chauffage.**

B5.1.1 Réparation d'une cheminée existante du type A

B5.2.1 Réparation d'une cheminée existante du type B

B5.5.1 Réparation d'une cheminée existante du type E

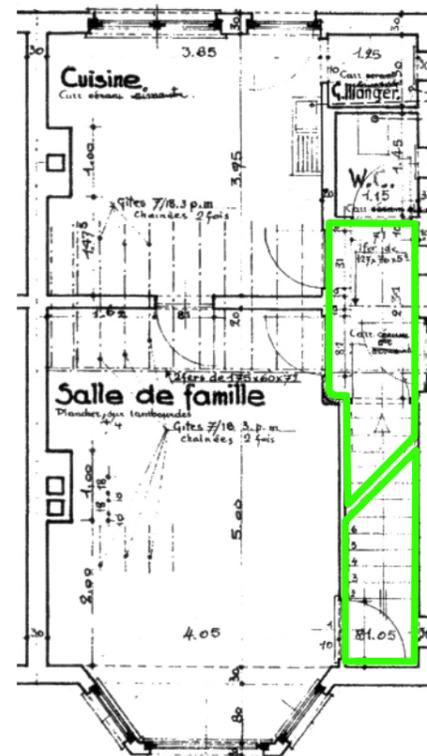
6 ANNEXES**6.1 Tableau synoptique croisé faisant le lien entre les besoins et les adaptations.**

6.2 Localisation des mesures en faveur du confort hygrothermique

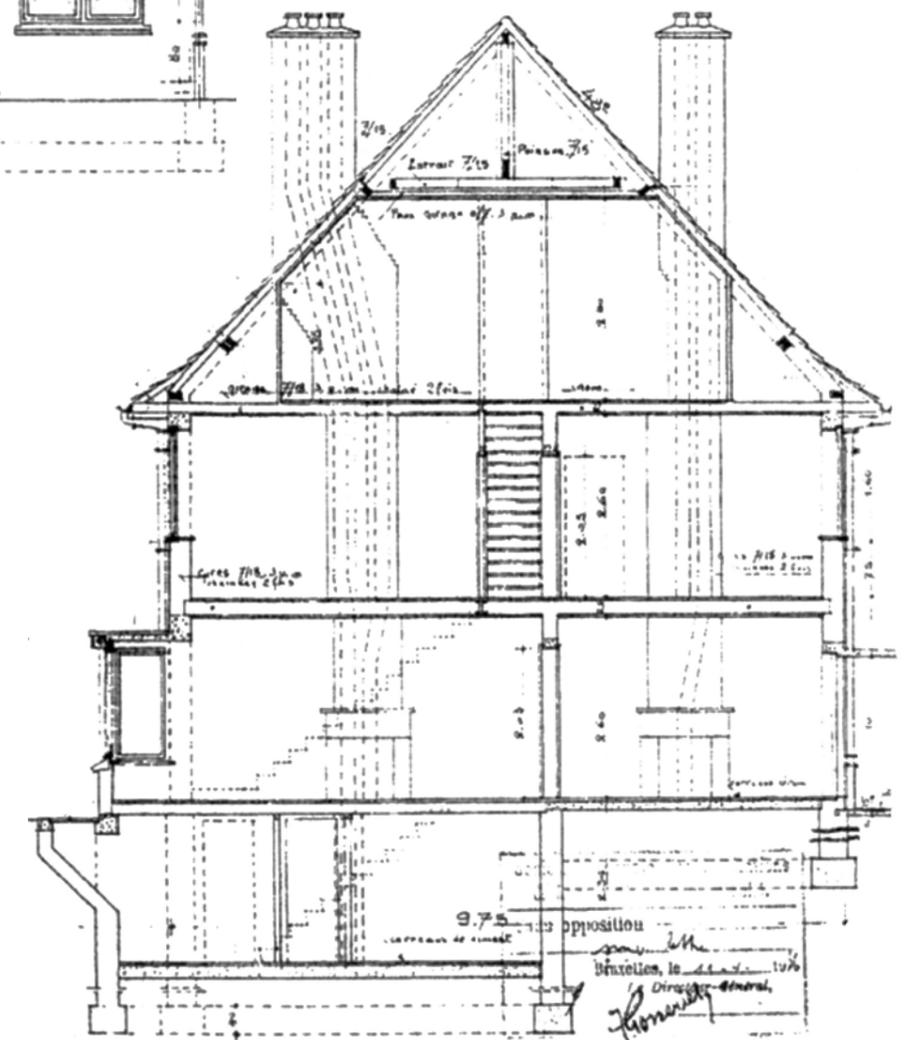


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen



Rez-de-chaussée.



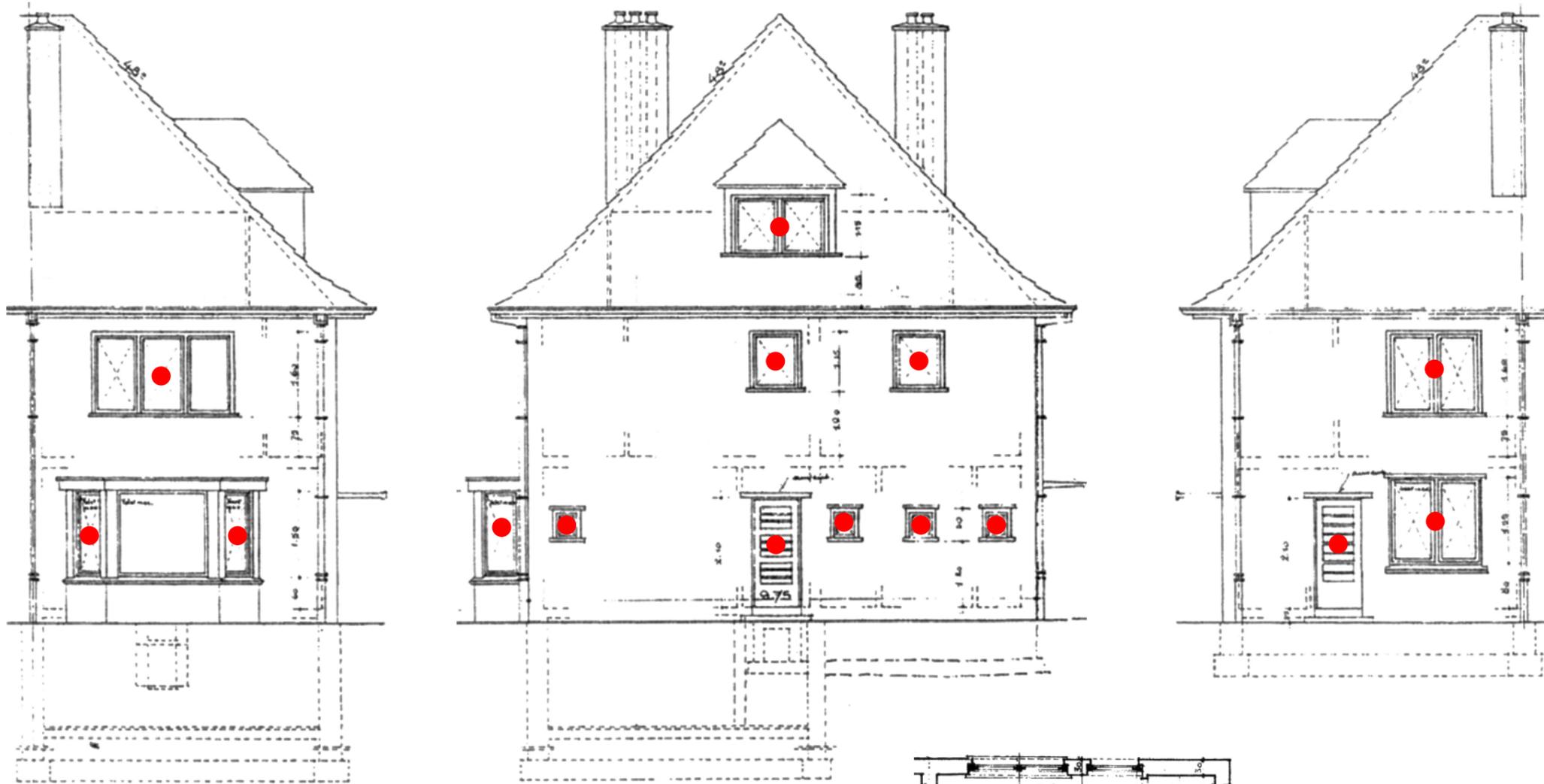
Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing

(Maison/huis type LLw_D)

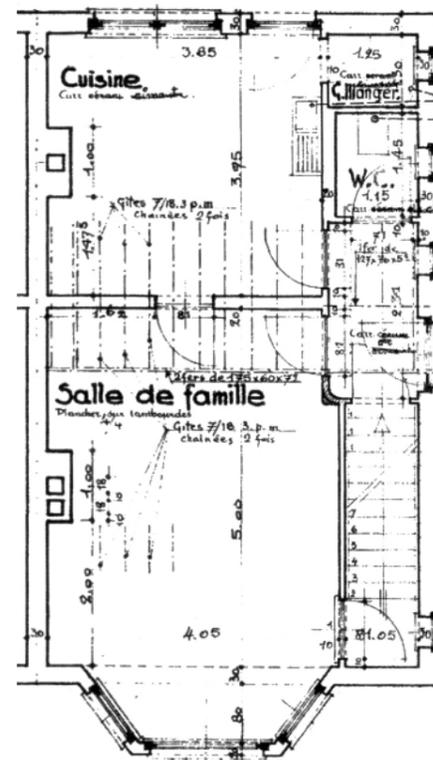
LE LOGIS - FLOREAL



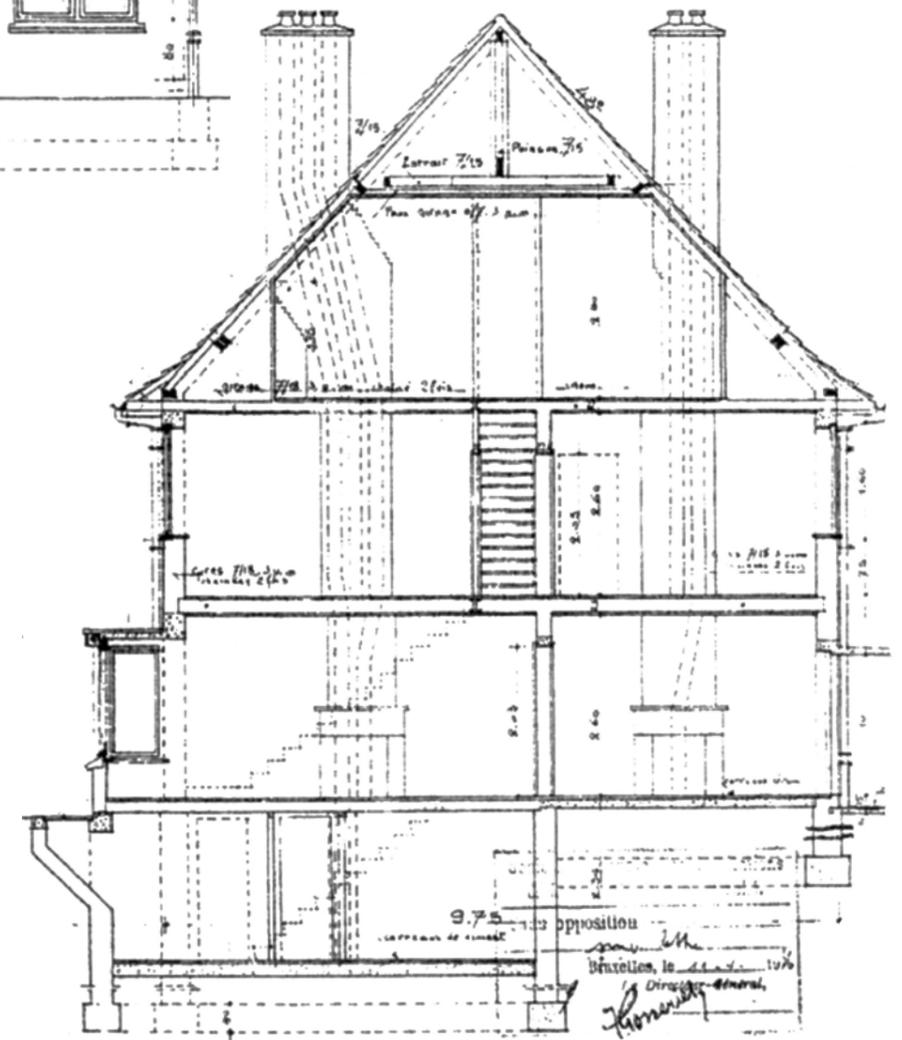


Confort & d'hygiène - Confort & hygiène

- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen



Rez-de-chaussée.

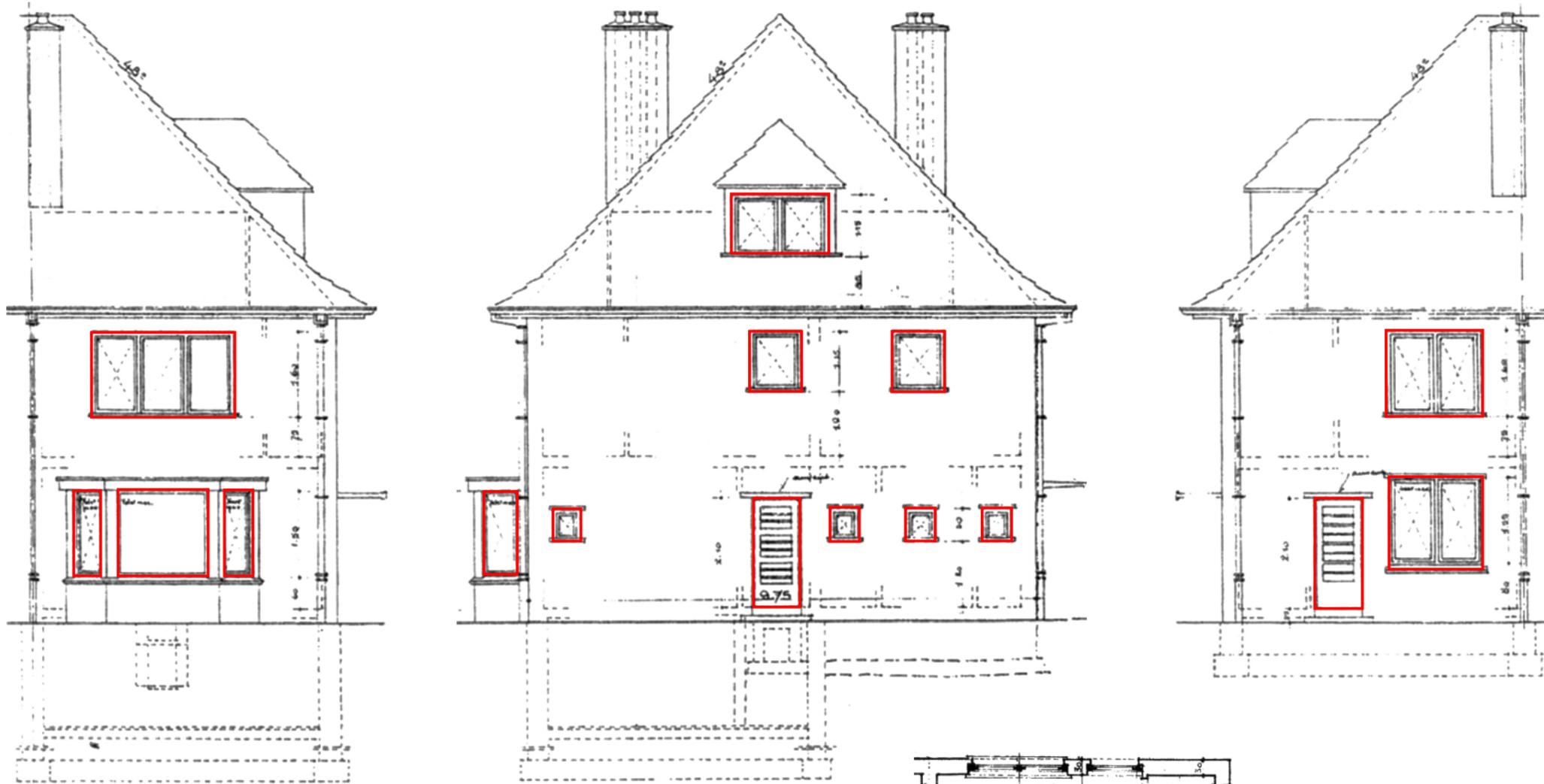


Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing

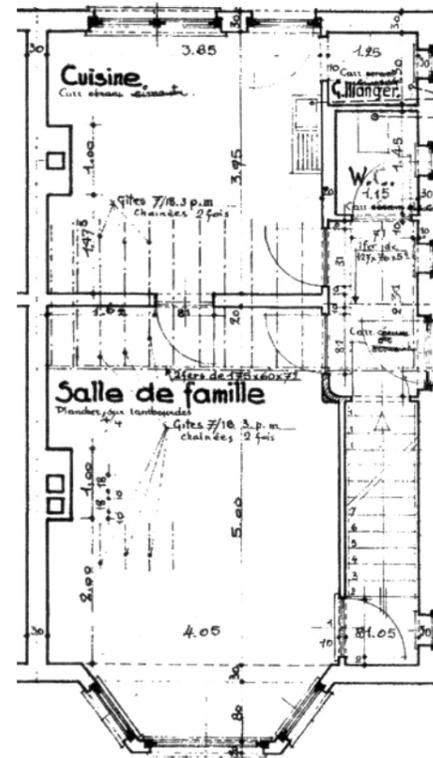
(Maison/huis type LLw_D)

LE LOGIS - FLOREAL

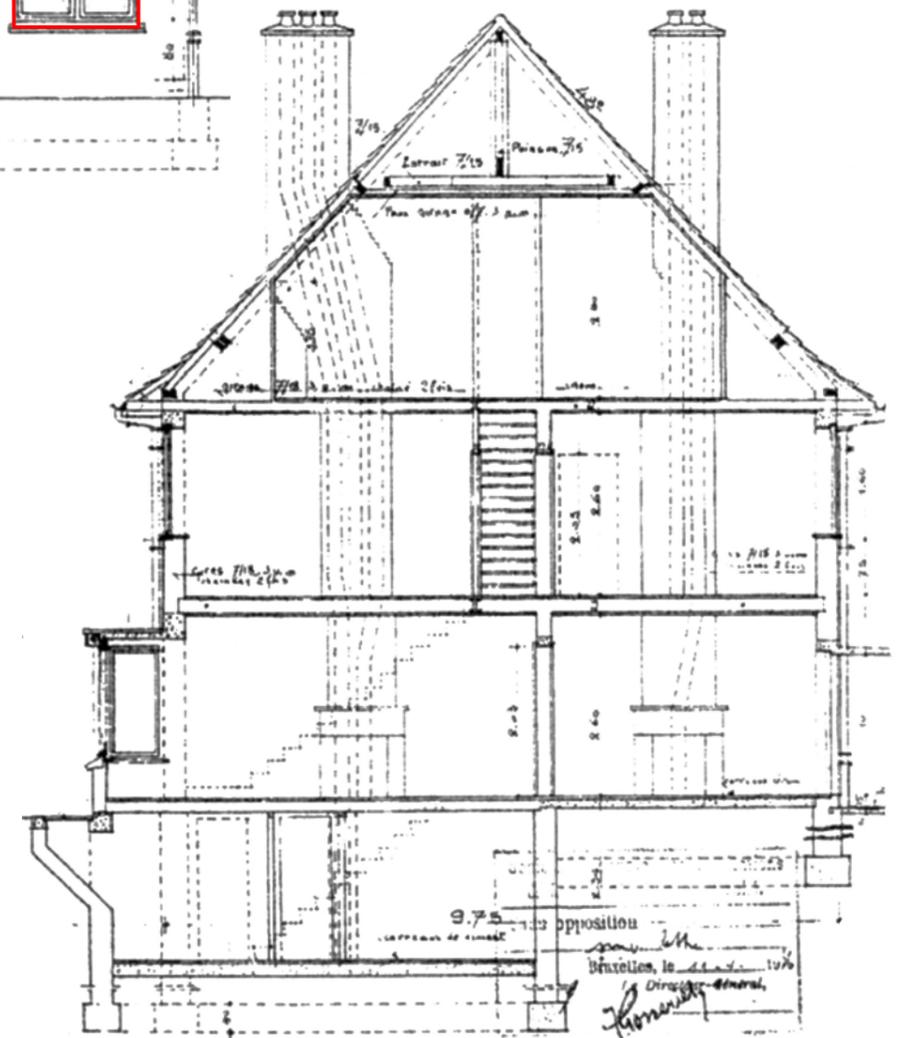


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen



Rez-de-chaussée.



Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing

(Maison/huis type LLw_D)

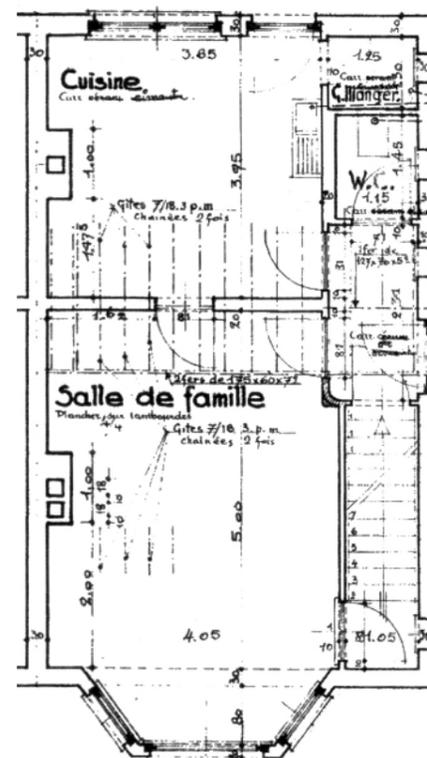
LE LOGIS - FLOREAL



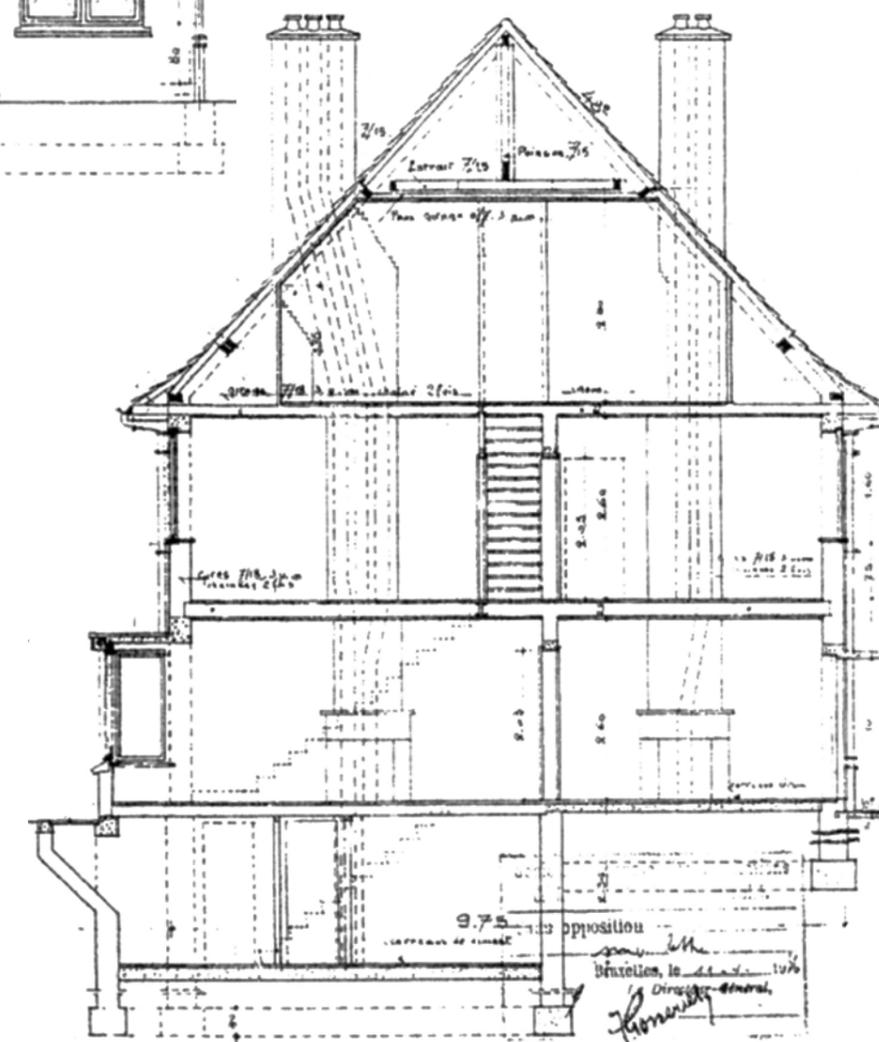
Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij

- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen



Rez-de-chaussée.



Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing

(Maison/huis type LLw_D)

LE LOGIS - FLOREAL



6.3 Localisation des mesures en faveur de l'économie d'énergie au niveau de l'enveloppe extérieure.

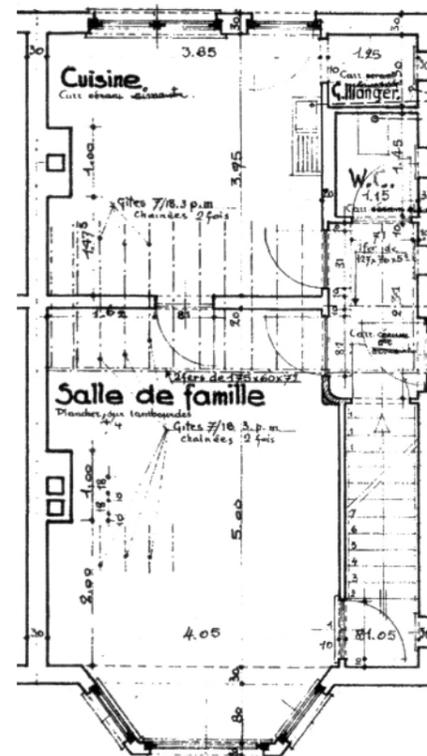


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

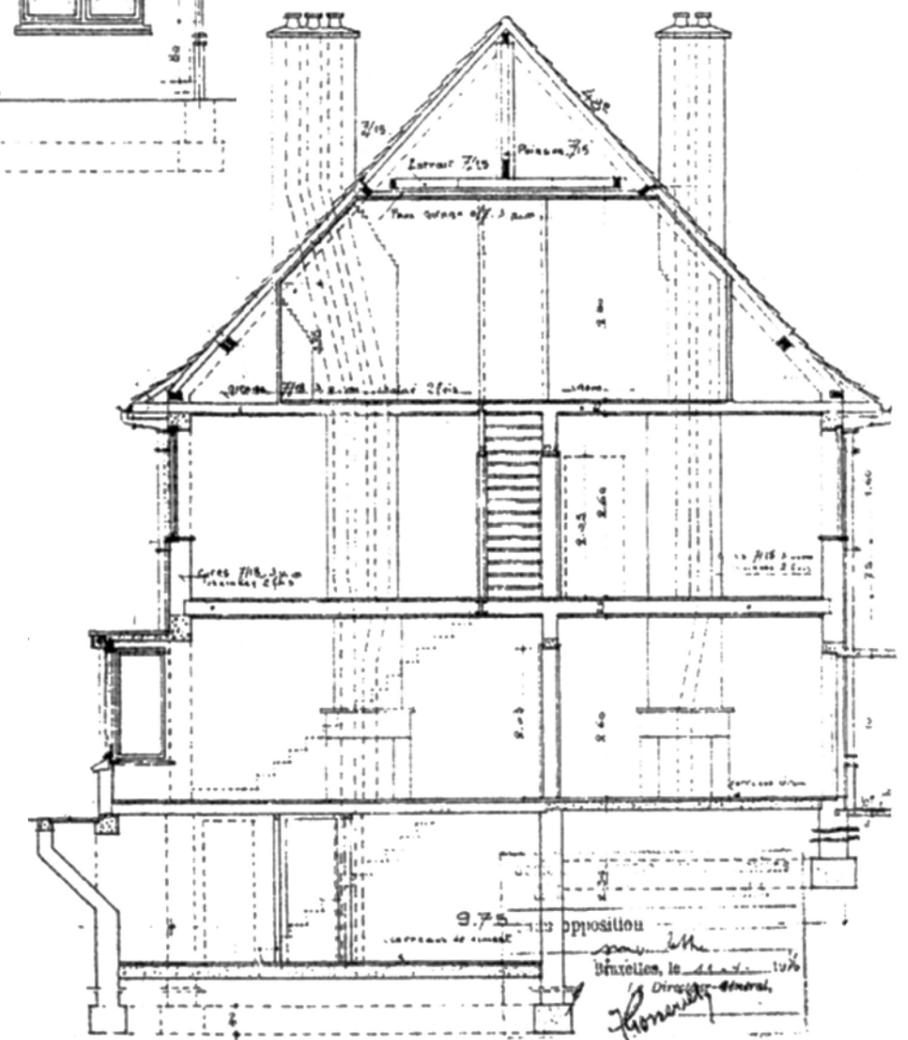
- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen

Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing



Rez-de-chaussée.



(Maison/huis type LLw_D)

LE LOGIS - FLOREAL

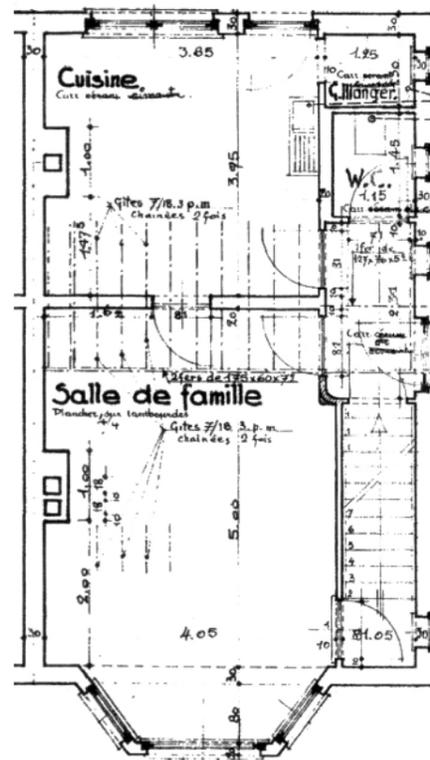


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

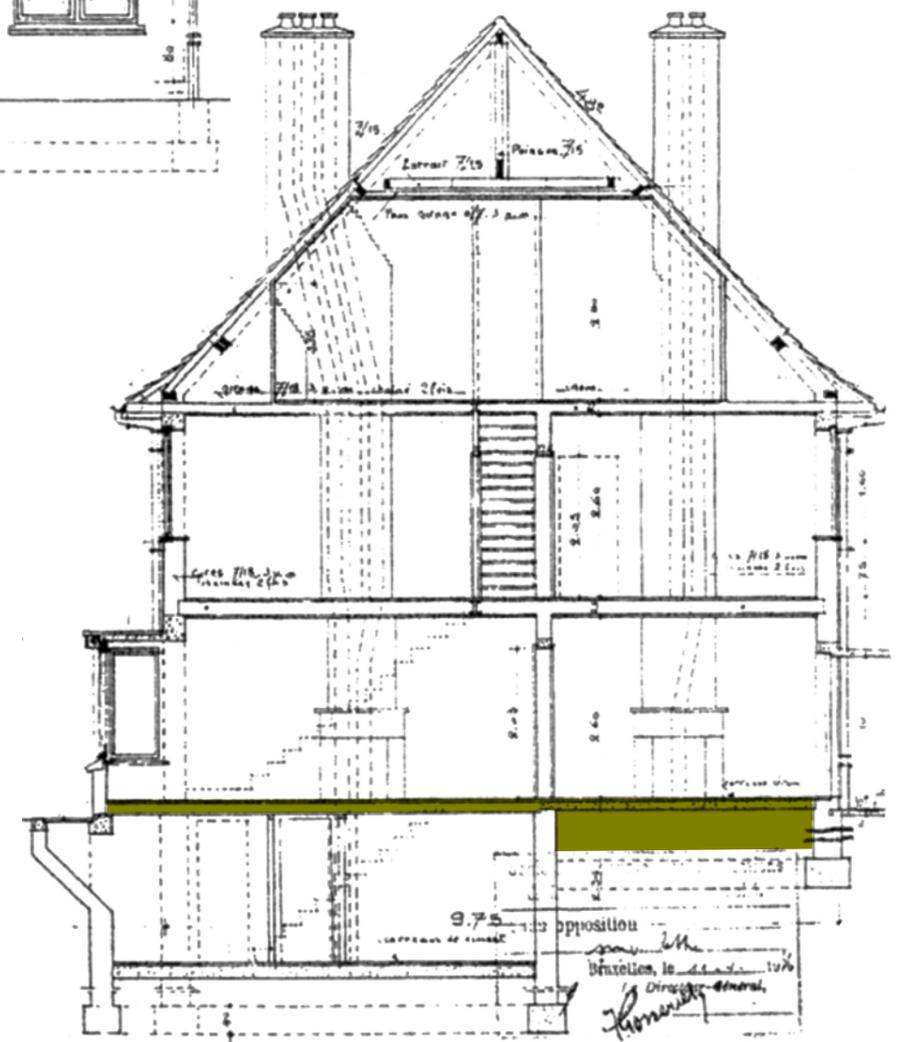
- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen

Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
-  art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing

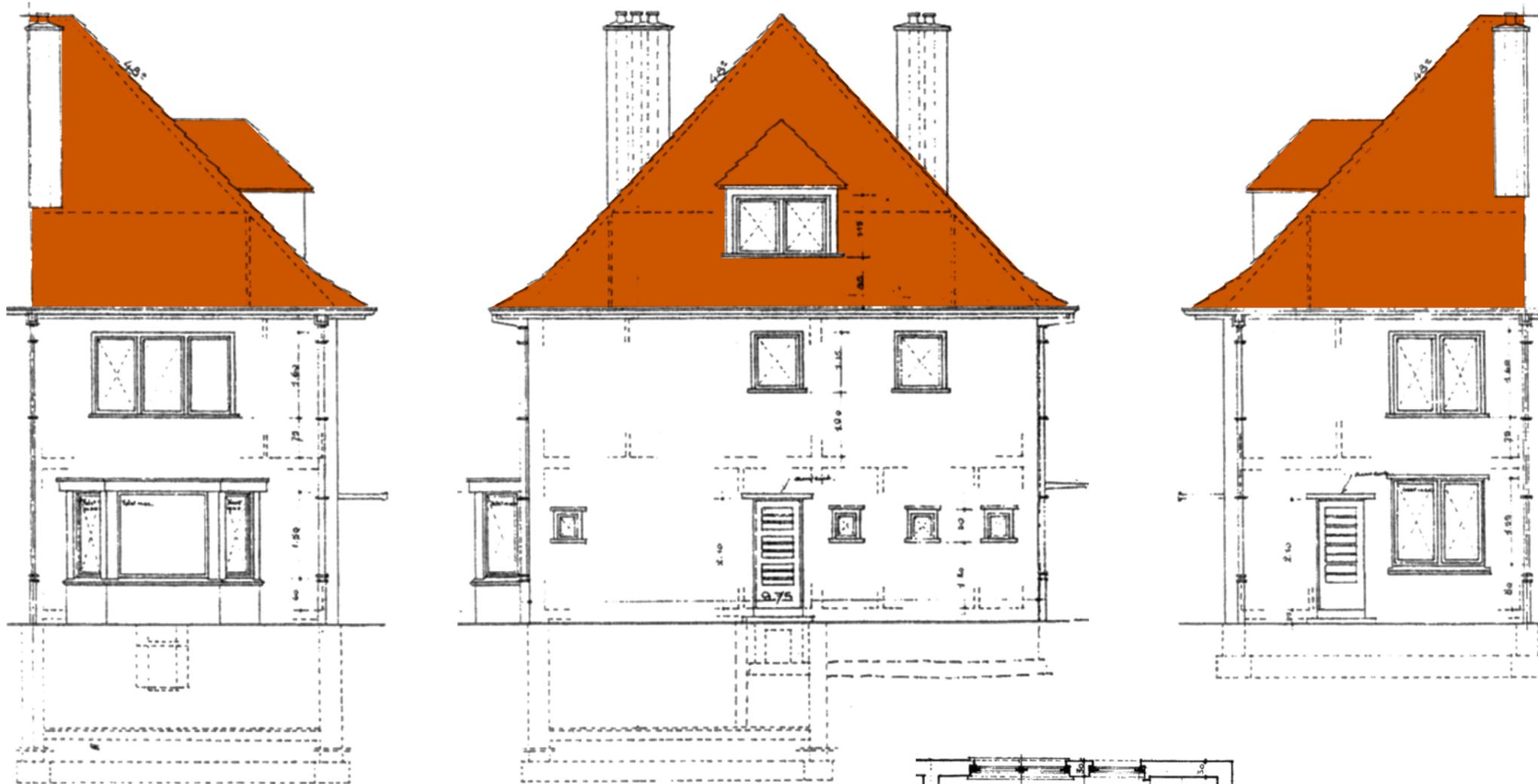


Rez-de-chaussée.



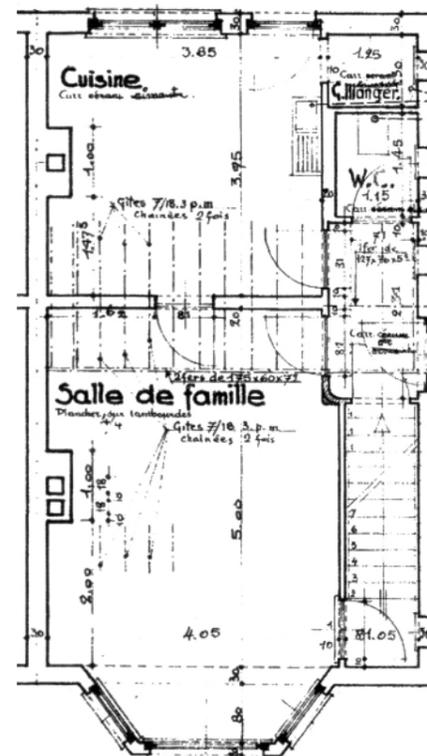
(Maison/huis type LLw_D)

LE LOGIS - FLOREAL

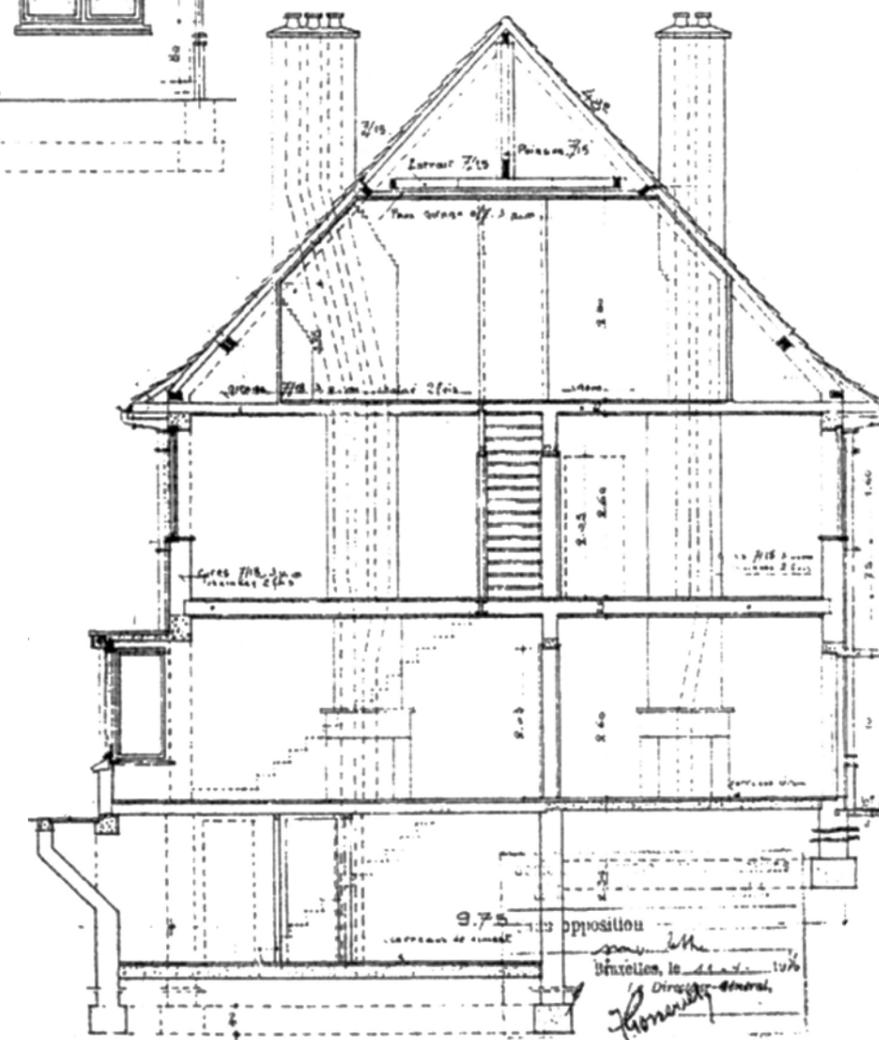


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen



Rez-de-chaussée.



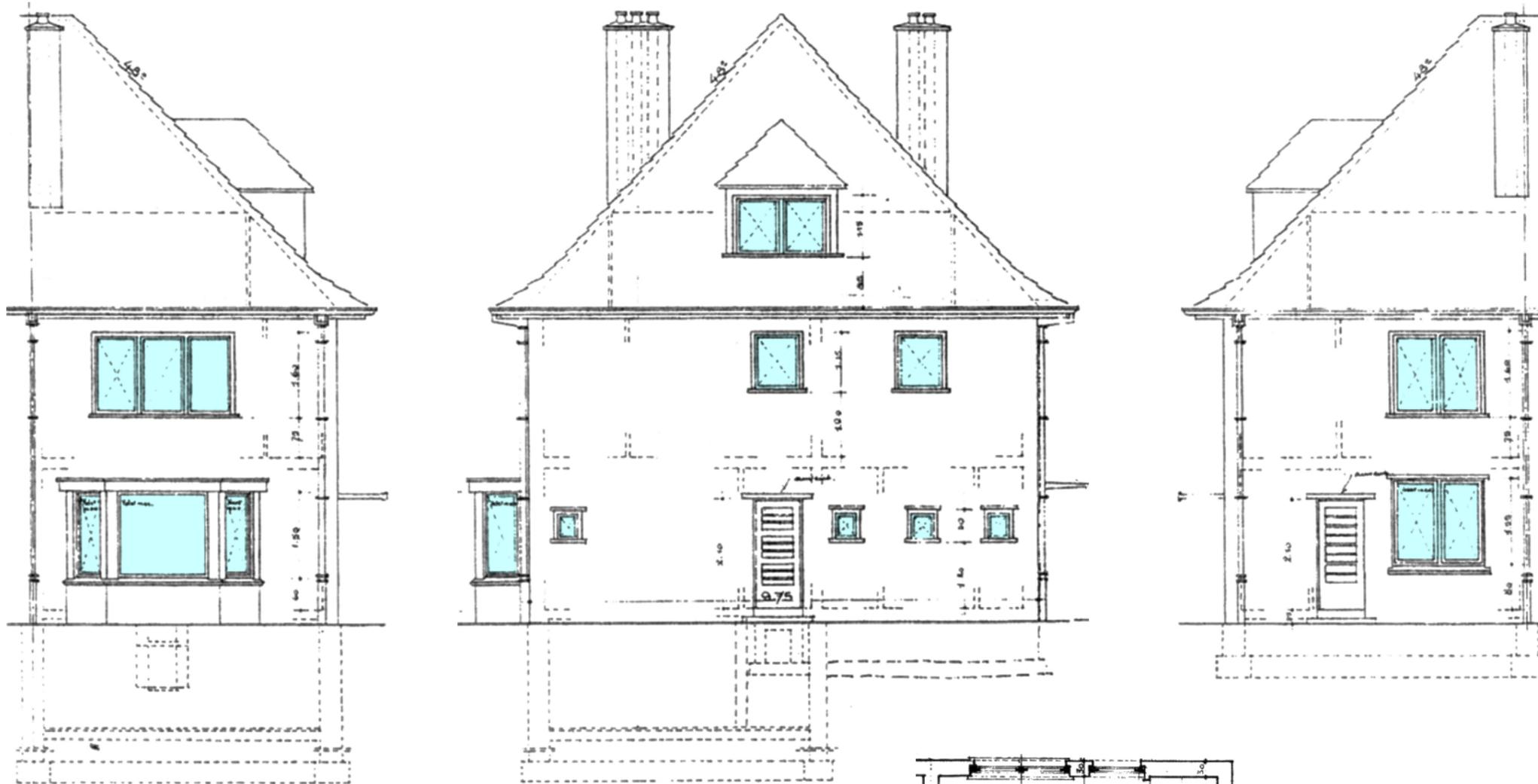
Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing



(Maison/huis type LLw_D)

LE LOGIS - FLOREAL

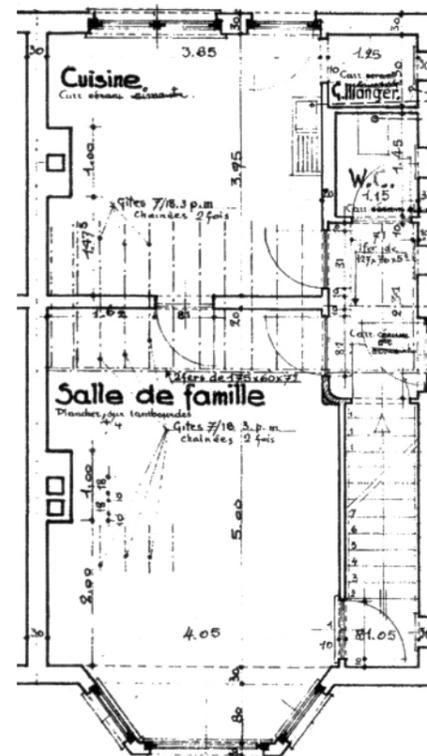


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

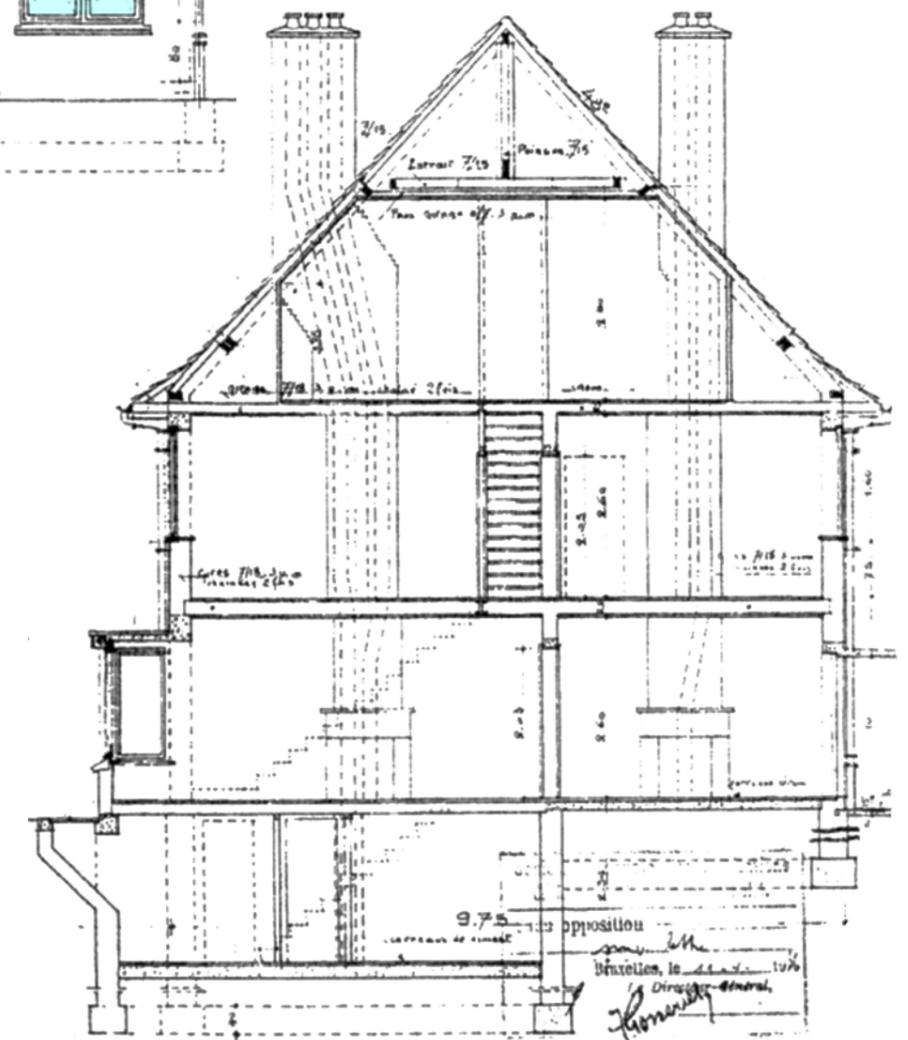
- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen

Isolation de l'enveloppe extérieure - Isoleren van de buitenschil

- art.2.1 Isolation de la façade
Gevelisolatie
- art.2.2 Isolation du sol
Vloerisolatie
- art.2.3 Isolation de la toiture
Dakisolatie
- art.2.4 Vitrage isolant
Isolerende beglazing



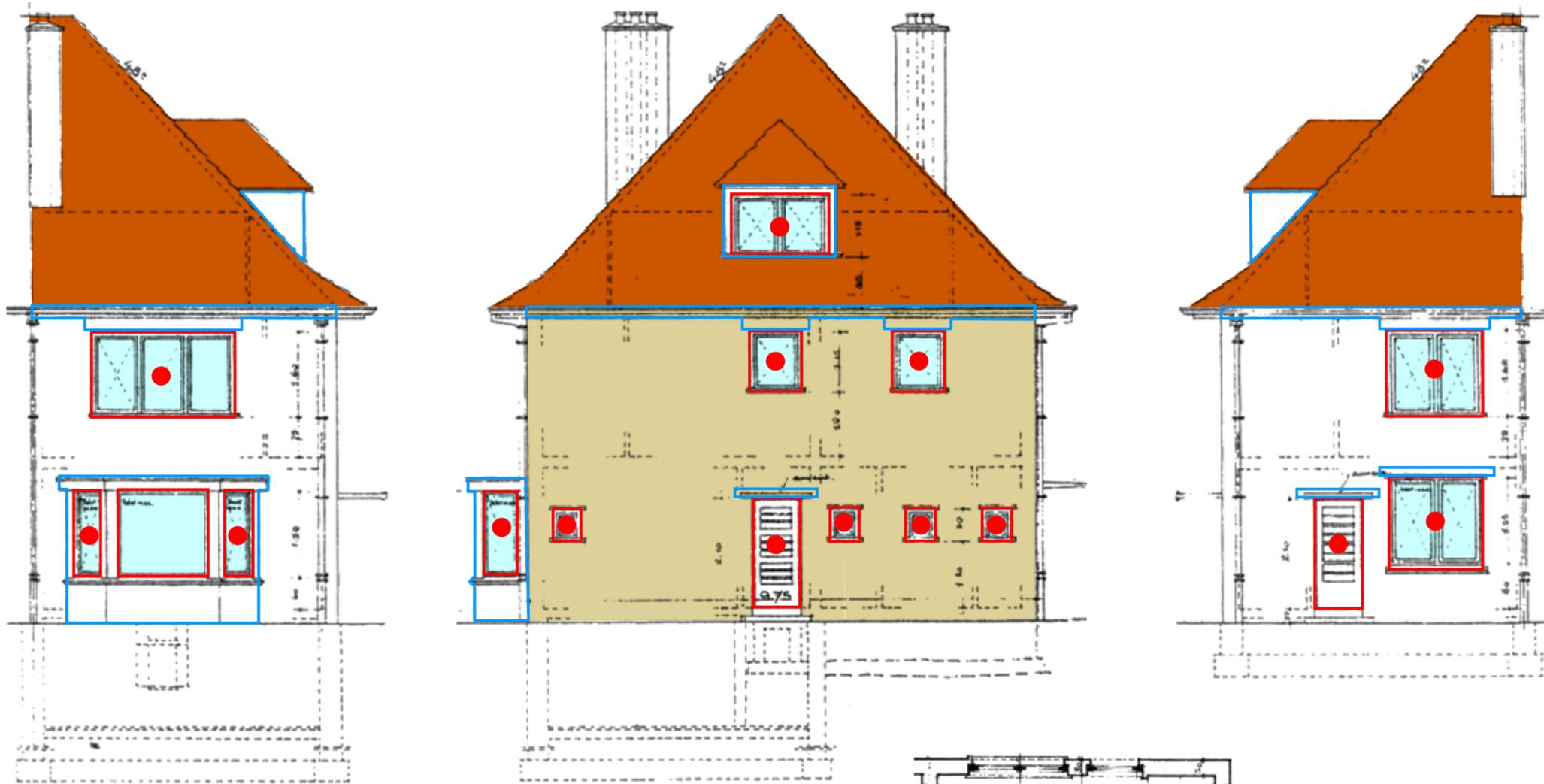
Rez-de-chaussée.



(Maison/huis type LLw_D)

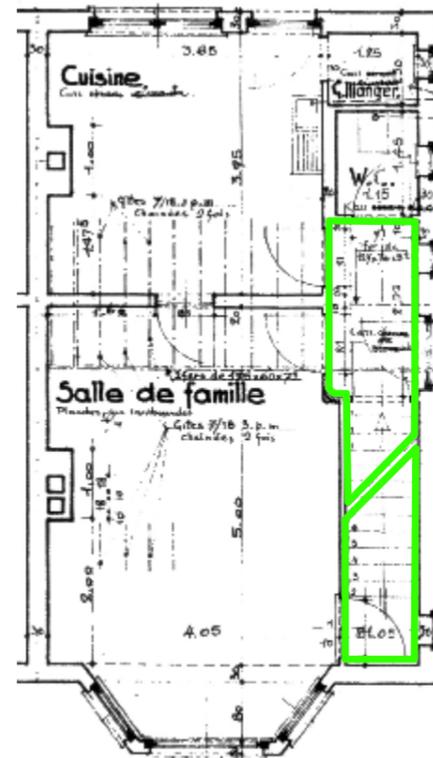
LE LOGIS - FLOREAL

6.4 Illustration des différentes mesures sur des ensembles de maisons différents.

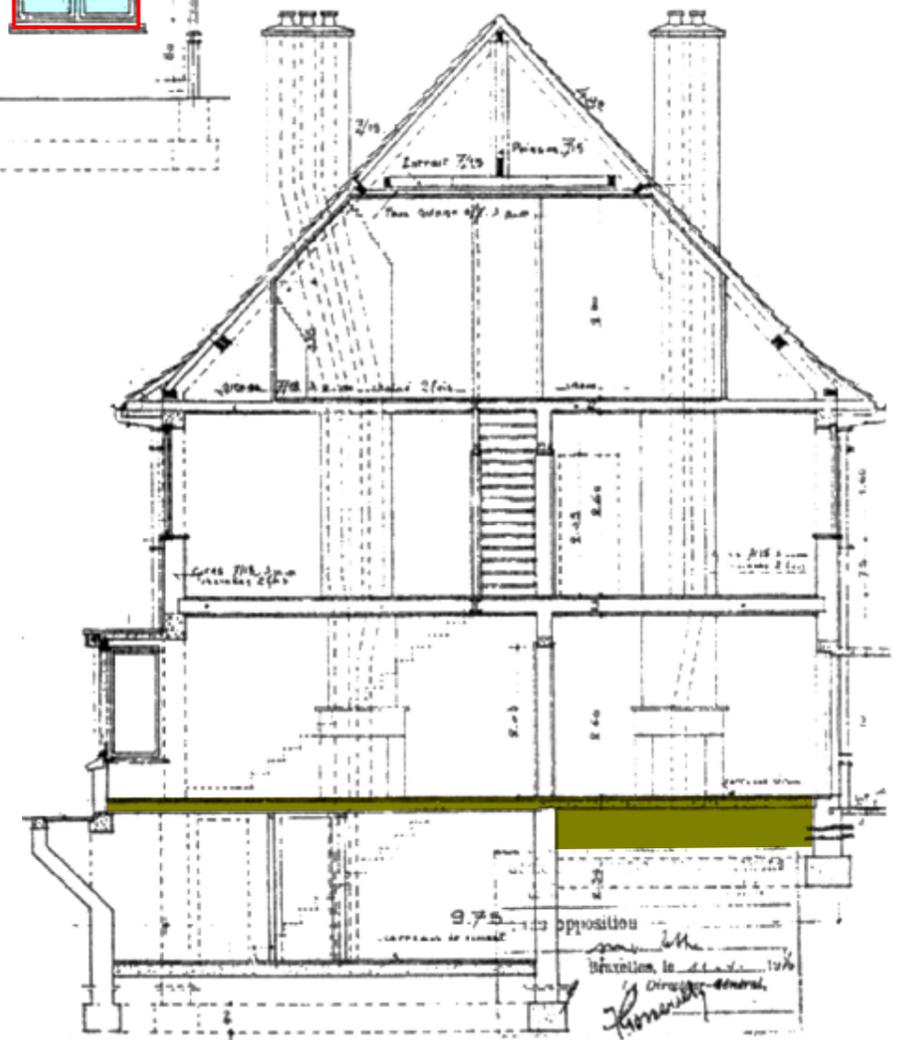


Confort & d'hygiène - Confort & hygiëne

- art.1.1 Compartimentage des espaces
Compartimentering van de ruimte
- art.1.2 Etanchéité à l'air des ouvrants
Luchtdichtheid van de opengaande vleugels
- art.1.3 Etanchéité à l'air des raccords des menuiseries
Luchtdichtheid van de aansluiting van de buitenschrijnwerkerij
- art.1.4 Suppression des ponts thermiques
Wegnemen van thermische bruggen



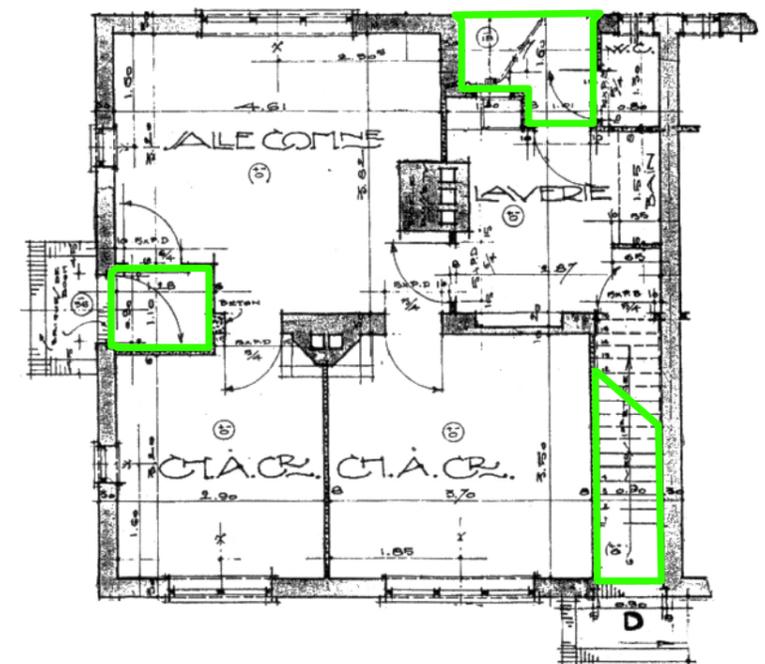
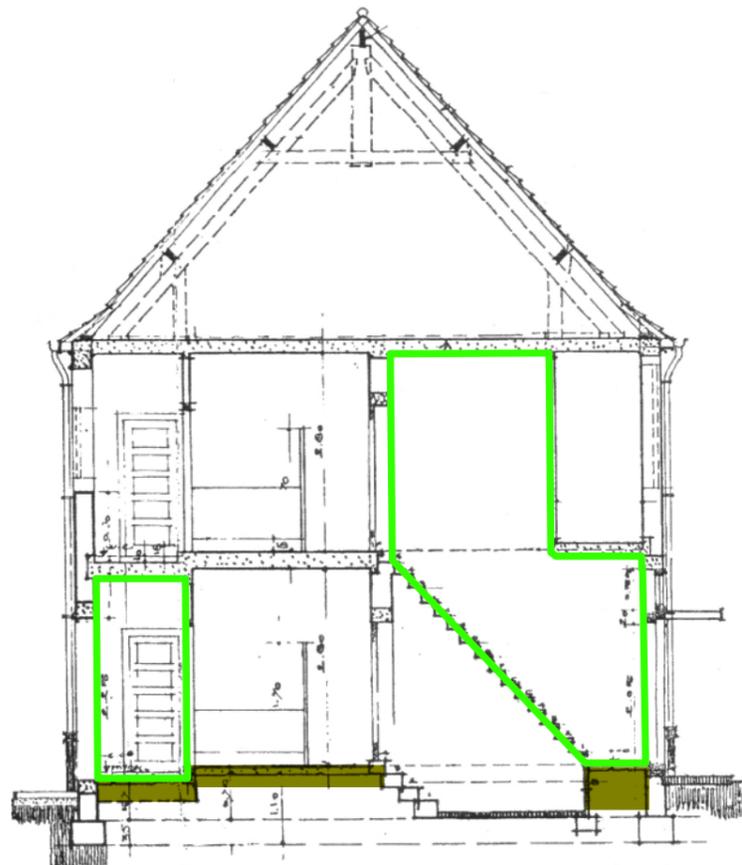
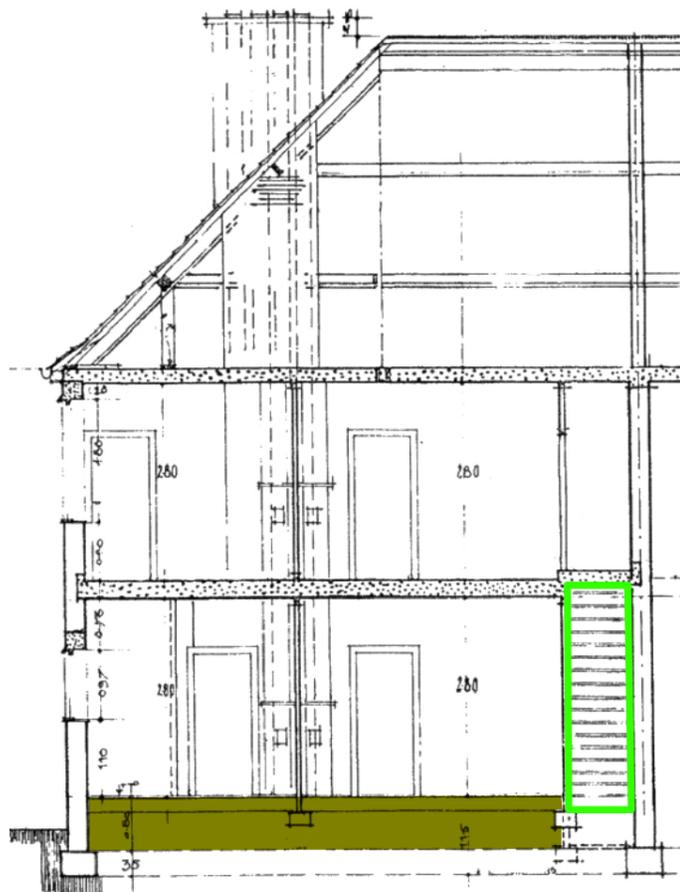
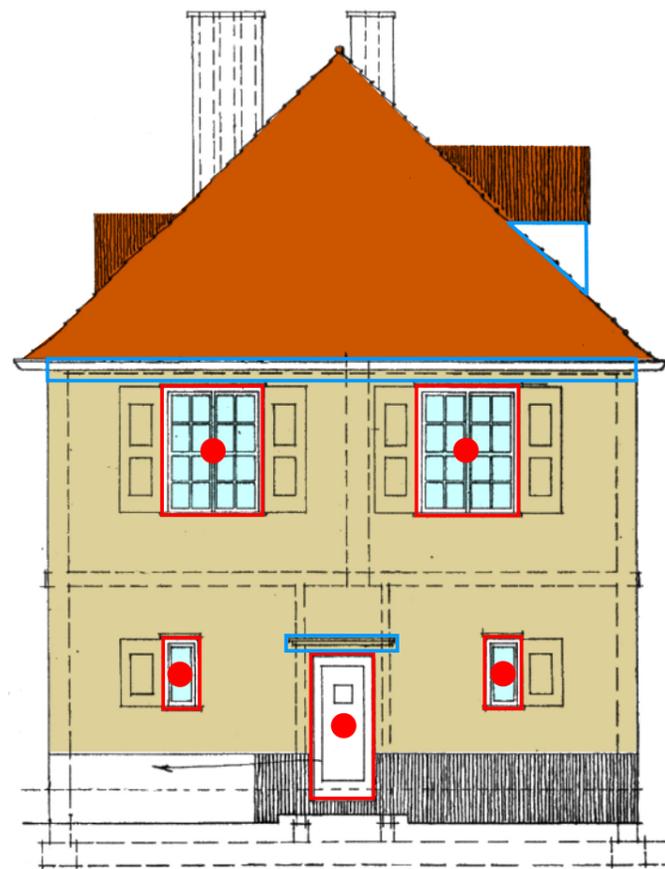
Rez-de-chaussée.



(Maison/huis type LLw_D)

LE LOGIS - FLOREAL

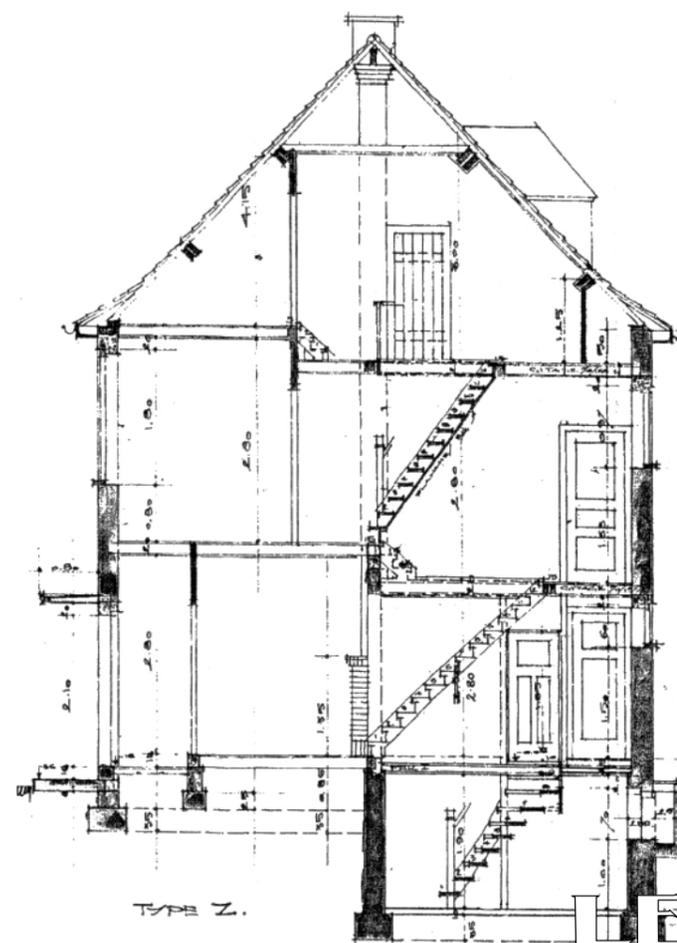
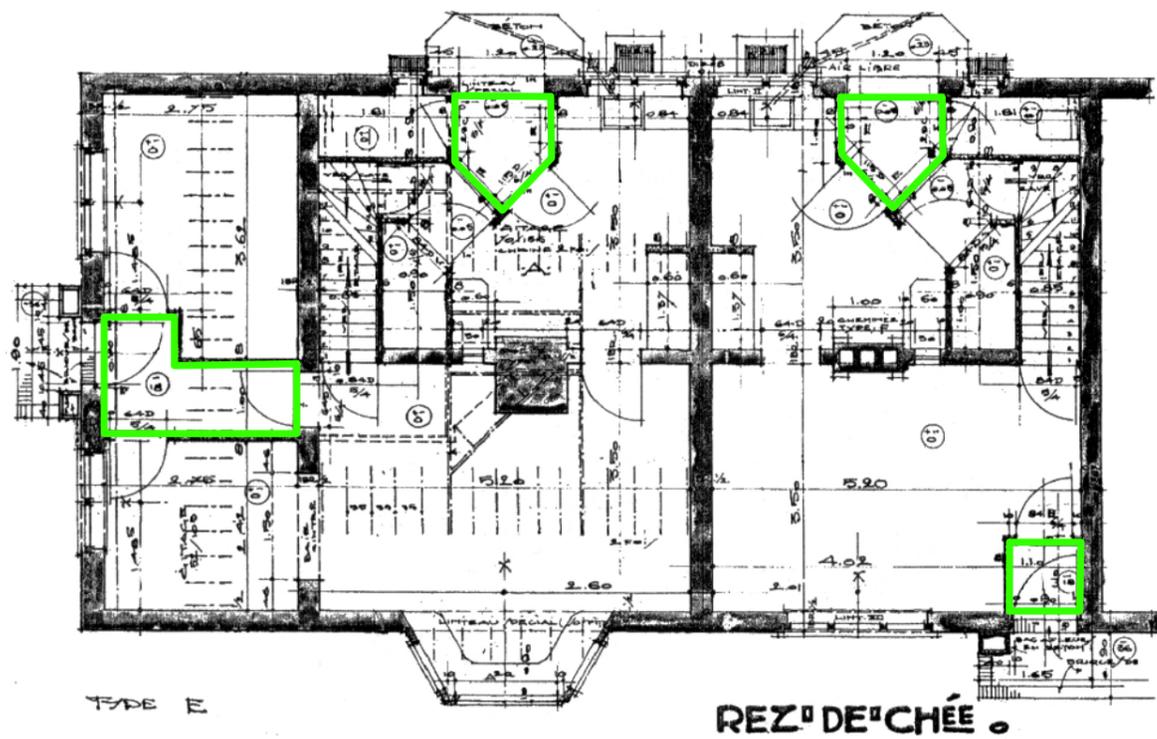
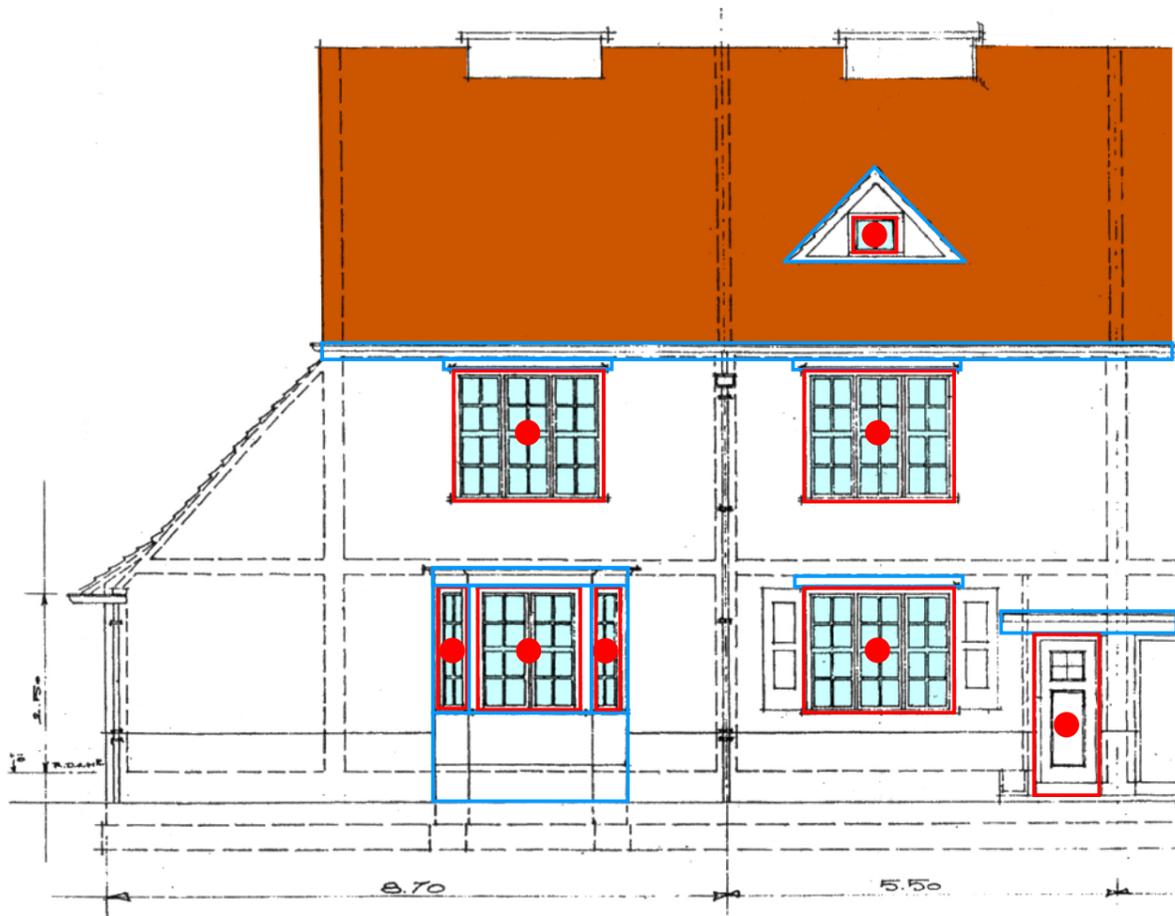




(Maison/huis type FL_B)

LE LOGIS - FLOREAL





LE LOGIS - FLOREAL

(Maison/huis type FI_E&Z/1)

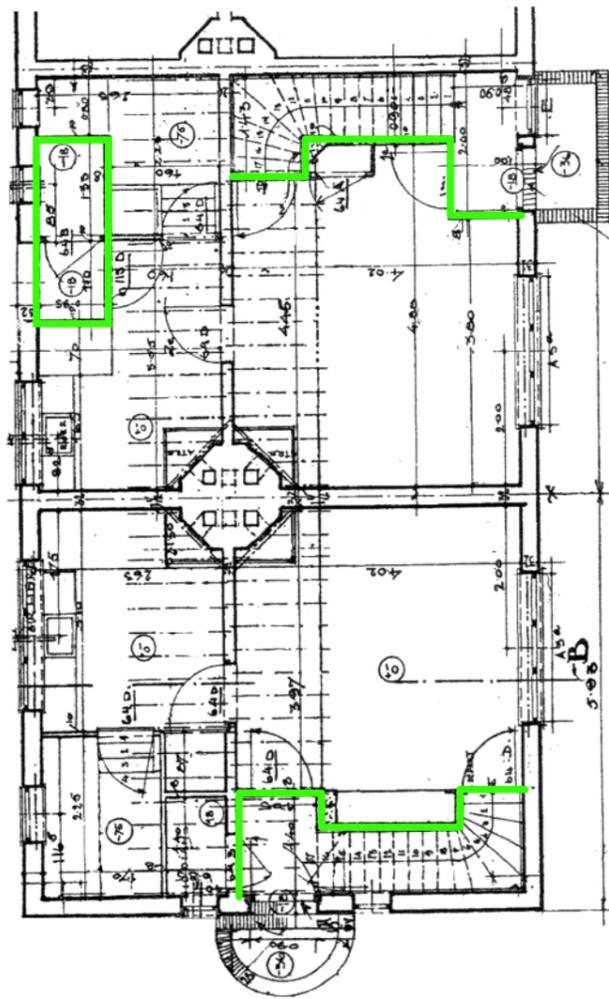




(Maison/huis type FL_E&Z/2)

LE LOGIS - FLOREAL

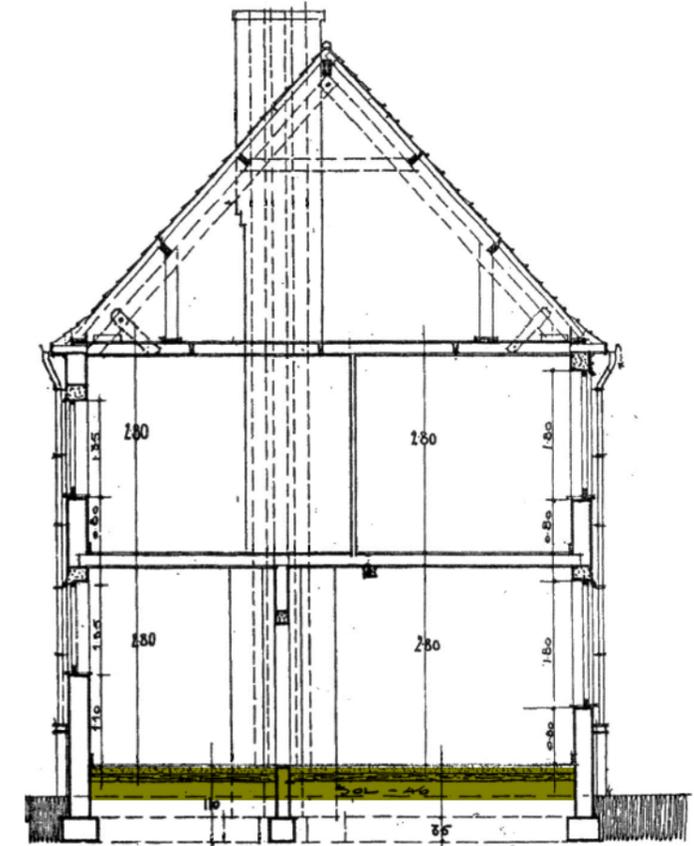




REZ DE CHAUSSEE



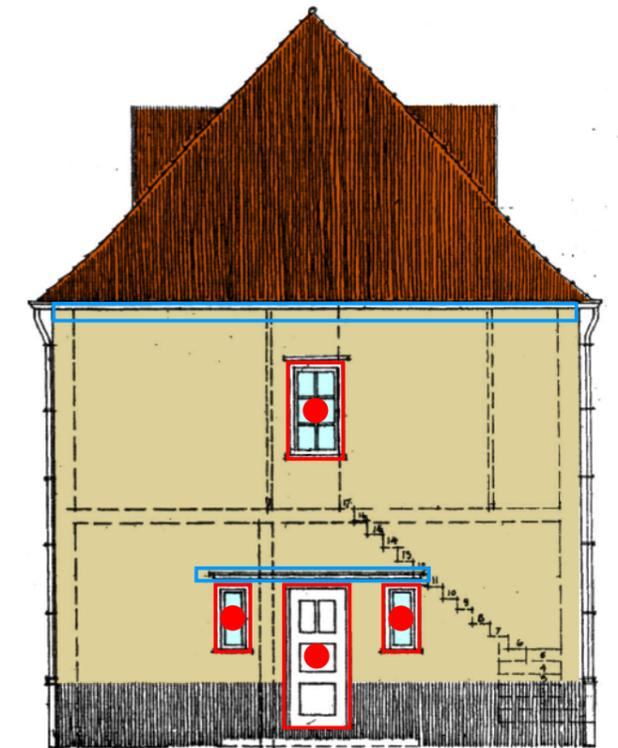
TYPE W VERS LA VOIE PUBLIQUE



COUPE PAR A-B



TYPE W VERS LES JARDINS TYPE W

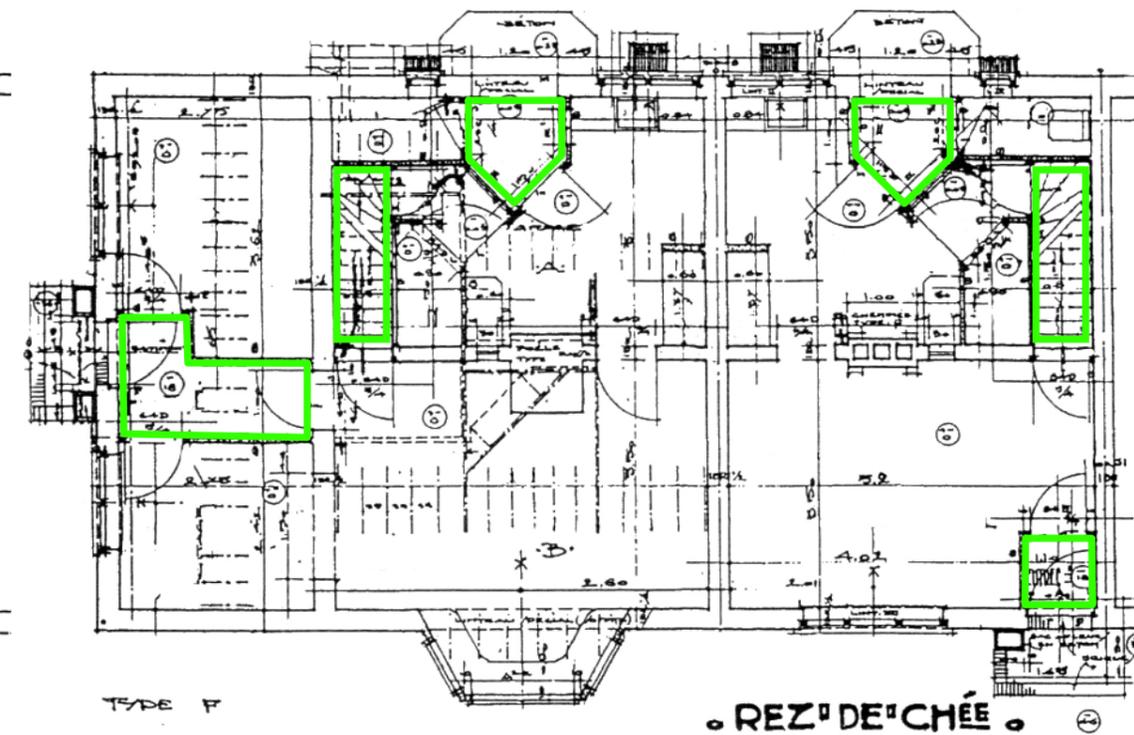
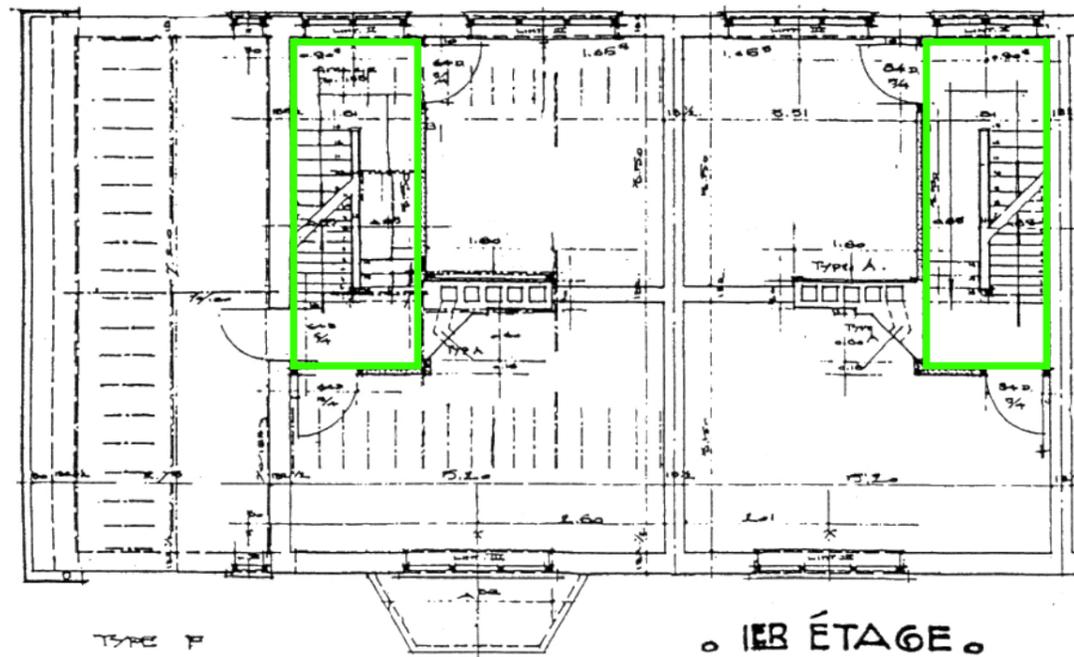
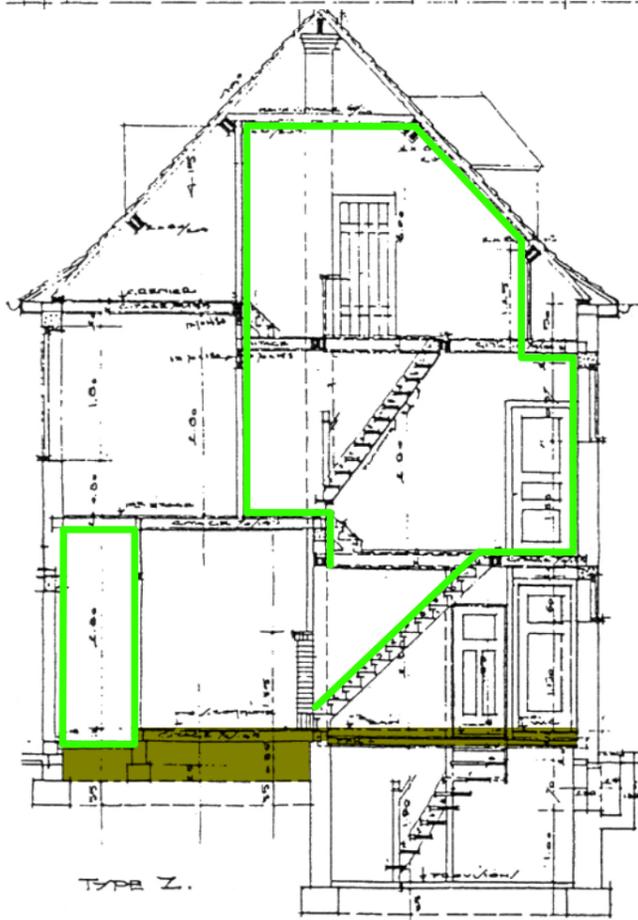


FAÇADE LATÉRALE

(Maison/huis type FL_W&W1)

LE LOGIS - FLOREAL

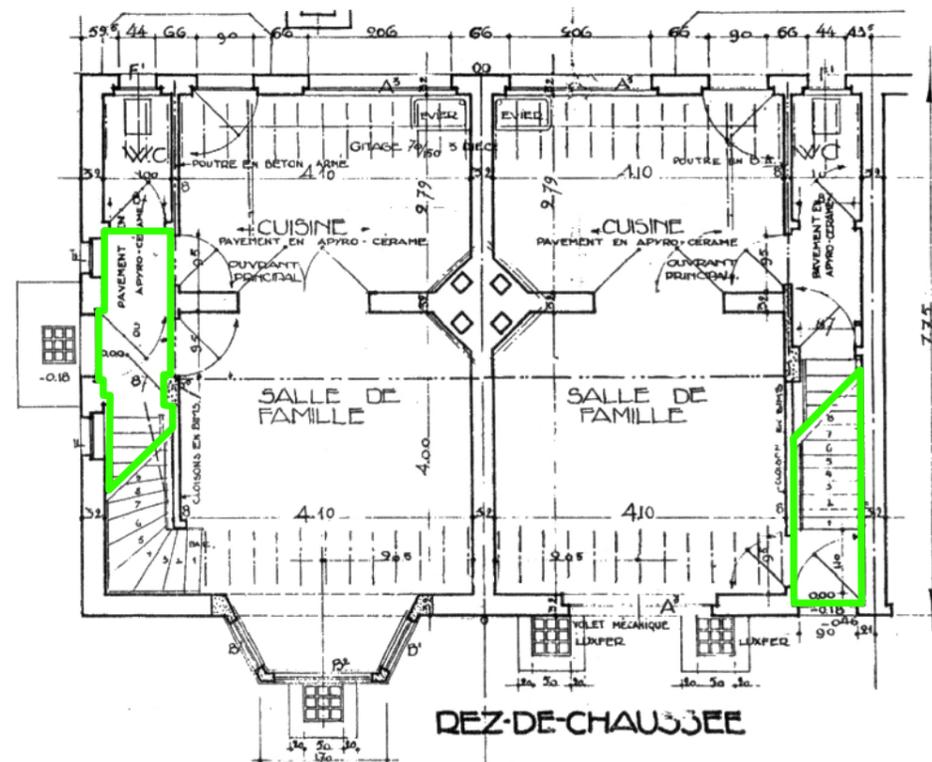
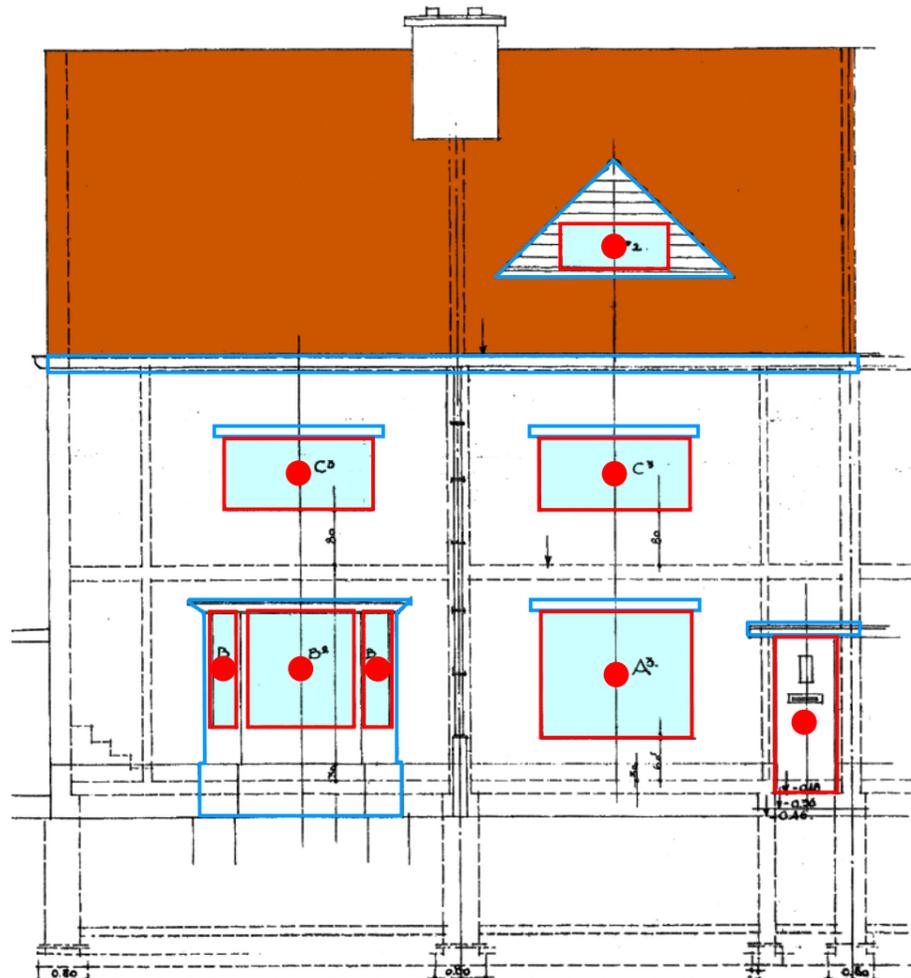
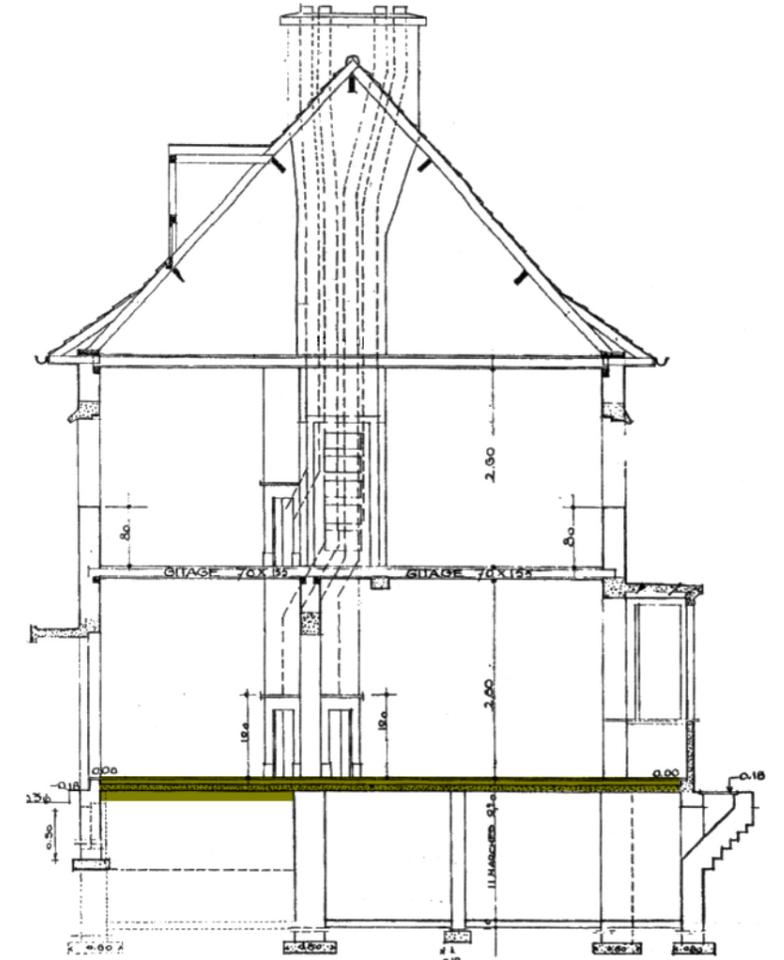
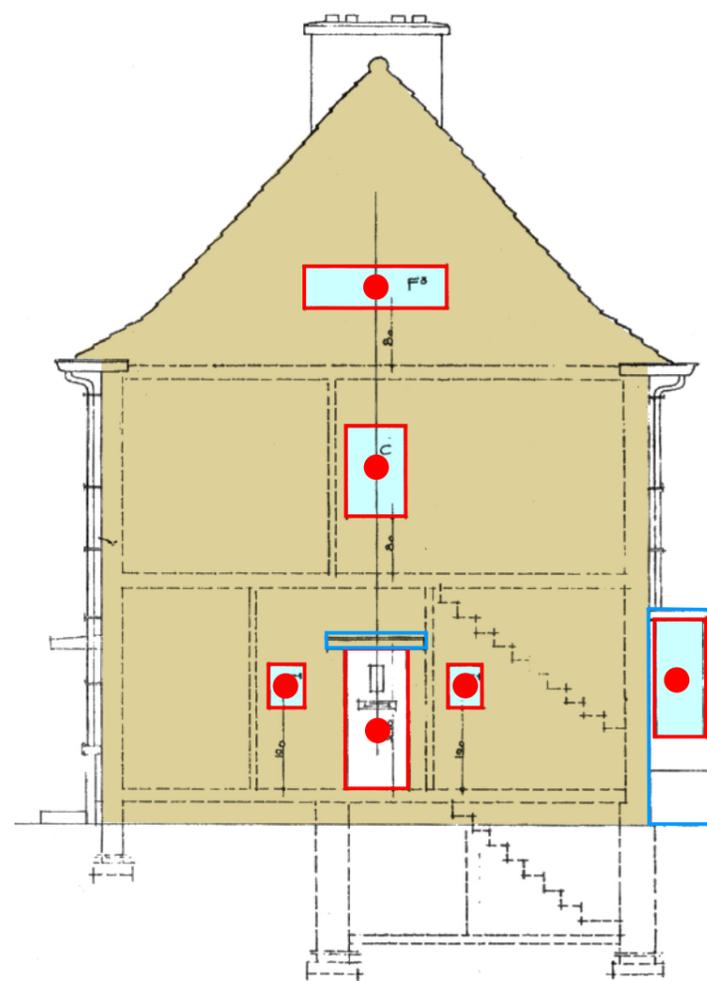
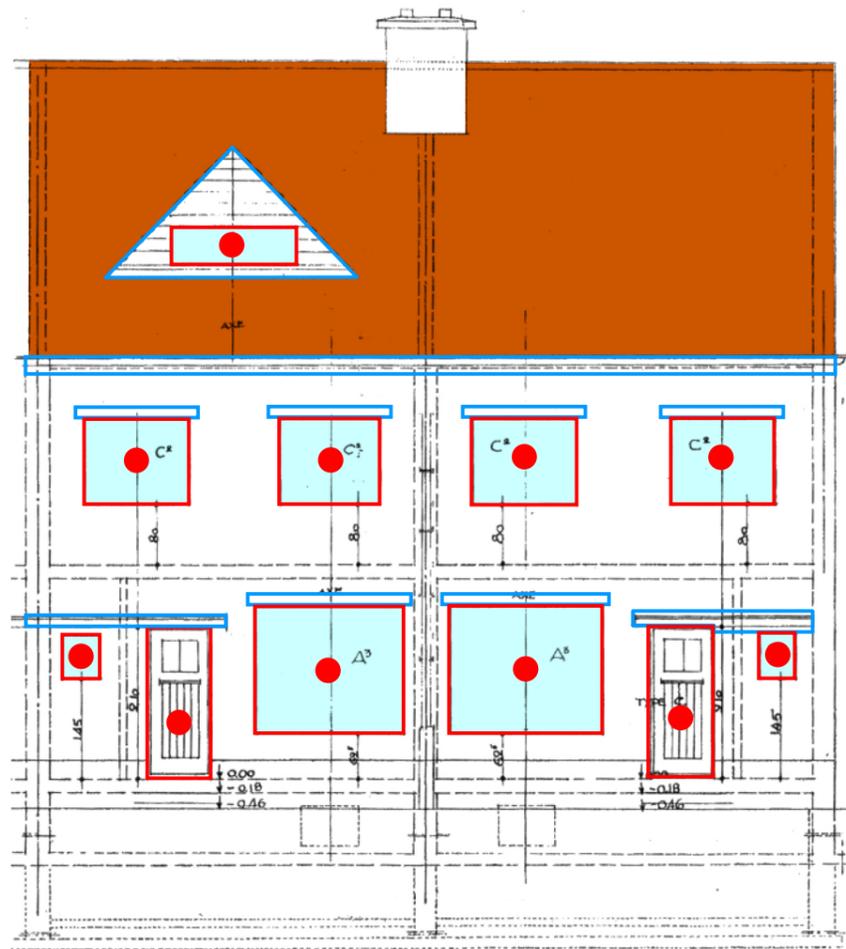




(Maison/huis type LLg_F&Z)

LE LOGIS - FLOREAL





(Maison/huis type LLg_S&T)

LE LOGIS - FLOREAL





Service Public Régional de Bruxelles
Bruxelles Développement Urbain
Direction des Monuments et des Sites

Elaboré pour SPRB par
ARSIS, société d'architectes sprl

Éditeur responsable
Arlette Verkruyssen, Directeur général
de Bruxelles Développement Urbain,
Région Bruxelles Capitale,
CCN- rue du Progrès 80, 1035 Bruxelles

Dépôt légal D/2014/6860/024

