

Étude de cas 4 Structure en bois d'œuvre

RÉSUMÉ : Cette étude de cas porte sur une maison à structure en bois d'œuvre (voir la figure 1) construite sans commande par une équipe de trois entrepreneurs en construction. Ils ont ajouté, du côté extérieur de la structure, un mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) isolé avec de la laine minérale en matelas et des poutrelles murales verticales de 300 mm (12 po) dont les cavités ont été remplies d'isolant en mousse projetée de faible densité. La maison est chauffée avec des plinthes électriques, et est dotée d'un foyer au gaz propane. Elle comprend également un appartement accessoire séparé au-dessus du garage, qui fournit un revenu locatif pour couvrir les coûts additionnels de la construction SuperGreen. L'appartement était loué avant que la maison ne soit vendue.



Figure 1 : Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

Pourquoi SuperGreen¹?

Commentaires du constructeur et des occupants :

C'est en constatant le succès d'un duplex certifié LEED Canada pour les habitations dans la région que l'un des membres de l'équipe a eu l'idée de cette maison. Il a approché les deux autres associés, avec lesquels il avait déjà travaillé auparavant. Ils ont obtenu un terrain de première qualité dans le cadre d'une loterie de terrains. Une fois le terrain sélectionné et acheté, ils ont entrepris la conception d'une structure en bois d'œuvre adaptée à l'emplacement. Après de nombreuses esquisses et retours sur la planche à dessin, l'équipe s'est entendue sur un plan, qu'elle a envoyé à une firme

d'ingénierie afin que celle-ci apporte les modifications nécessaires et approuve la conception de l'ossature en bois d'œuvre.

Les membres de l'équipe ont parcouru une abondante littérature à la recherche de nouvelles technologies. Ils ont discuté avec des représentants de la Société d'habitation du Yukon et de la Direction générale de l'énergie. Ils se sont intéressés aux ressources des autres constructeurs et ont étudié les évaluations énergétiques d'autres maisons. Ils ont discuté avec d'autres constructeurs et tenté de déterminer ce qui fonctionne bien et ce qui ne fonctionne pas. En collaboration, ils ont conçu une ossature murale en bois d'œuvre à la fois efficace et simple. L'isolation était une préoccupation première. Les gens se sont peu à peu intéressés à leur projet, de sorte que des acheteurs se manifestaient déjà au moment où les premières pièces de charpente étaient mises en place.

L'un des constructeurs se considère environnementaliste. Selon lui, de nombreuses habitations gaspillent de l'énergie, et il souhaite faire sa modeste part pour lutter contre le réchauffement

¹ SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

climatique. La construction SuperGreen représente sa contribution. Le deuxième constructeur cherchait à diminuer son empreinte écologique en réduisant la quantité de ressources utilisées durant le cycle de vie utile d'une habitation. Le troisième constructeur travaille pour la Société d'habitation du Yukon. Par son travail et ses propres recherches, il est devenu un champion de l'approche SuperGreen.

Les partenaires conviennent qu'une habitation SuperGreen présente de nombreux avantages, comme l'économie de combustible, le confort et une température constante, mais que son plus grand atout est la tranquillité. « On n'entend aucun bruit extérieur, parce que l'isolation et l'étanchéisation de l'enveloppe agissent comme insonorisant. Même si la maison est proche de l'aéroport, on n'entend presque pas les avions. Ça n'a pas de prix. »

Emplacement : Cette maison SuperGreen est située dans un secteur de densification du quartier Takhini North à Whitehorse (Yukon).

Équipe de conception et de construction : L'équipe a acquis le terrain en septembre et a travaillé sur la conception durant l'hiver. La conception était largement fondée sur les ressources compilées par la Société d'habitation du Yukon. L'équipe s'était fixé une cote ÉnerGuide cible et a ajusté l'épaisseur de l'isolant des murs et du plafond en conséquence pour l'atteindre. L'un des constructeurs a ensuite préparé des dessins techniques très détaillés de la disposition des poteaux de l'ossature pour que tous les éléments s'intègrent parfaitement (voir la figure 2). En avril, ils ont commencé à débroussailler le terrain.

L'équipe a maintenu une communication constante pour discuter des prochaines étapes et des échéances, le moment d'achèvement des différentes sections de la maison, la sécurité et les tâches à accomplir au jour le jour. Les dessins ont été présentés aux ouvriers qualifiés et on leur a expliqué tous les détails, comme l'emplacement des luminaires dans l'ossature, l'emplacement des conduits, de la plomberie et du chauffe-eau. Une équipe d'ouvriers spécialisés a été engagée pour la pose du parement, et une autre pour la toiture. Les constructeurs se sont chargés de la plupart des travaux de maçonnerie.

Le concept a subi quelques modifications en cours de route. Les dimensions au sol sont demeurées les mêmes, mais la toiture au-dessus du garage a été modifiée. Les constructeurs ont discuté des problèmes de parement et de l'emplacement des murs intérieurs. La construction a été plus longue que prévu, surtout parce que plus de temps a été consacré à la conception et, dans une moindre mesure, à cause des particularités de la construction SuperGreen. Dans l'ensemble, la construction s'est conformée au plan. Les constructeurs affirment que plus il y a de détails couchés sur le papier avant la mise en chantier, moins il y a de problèmes durant la construction.

La conception de cette maison se prête bien à l'approche SuperGreen. La structure en bois d'œuvre est entièrement à l'intérieur et les murs isolés sont construits du côté extérieur de la structure (voir la figure 3). Après mûre réflexion, l'équipe a choisi d'isoler les murs avec de la mousse projetée de faible densité.



Figure 2 : Montage de la structure en bois d'œuvre

Les plafonds ont été isolés avec de la mousse de haute densité en raison de sa forte résistance thermique et de sa capacité d'agir comme pare-vapeur. Cette isolation a été complétée par une couche de cellulose soufflée.

L'équipe s'est servie du logiciel du Système de cote ÉnerGuide pour faciliter certaines décisions. Le logiciel l'a par exemple incitée à opter pour une isolation plus épaisse sous la dalle de plancher. Les résultats de l'analyse ont montré qu'une bonne partie des pertes de chaleur surviendraient au niveau des fondations; une couche de mousse de haute densité de 5 pouces d'épaisseur a donc été projetée sur le sol avant le coulage de la dalle. La face extérieure de la dalle a également été recouverte de mousse avant la pose des éléments de structure en bois d'œuvre.

L'équipe a fait ses calculs et comprend les avantages à long terme d'une maison SuperGreen. Les coûts de chauffage sont beaucoup plus bas, tandis que la durée de vie du bâtiment, à condition qu'il soit convenablement ventilé, est beaucoup plus longue. En outre, les occupants d'une maison SuperGreen, en plus de réaliser des économies d'énergie, vivent dans un logement bien insonorisé et plus confortable, ce qui facilite la revente.

Type d'habitation : Maison individuelle de taille modeste à deux étages de 167 m² (1 800 pi²), avec loft. La maison est construite sur une dalle sur terre-plein. Elle comprend un garage chauffé dont les murs ont la même épaisseur que ceux du reste du bâtiment. Un appartement accessoire locatif séparé de 48 m² (520 pi²) est situé au-dessus du garage.

Détails techniques

Enveloppe du bâtiment

- Murs (voir la figure 3) : structure en bois d'œuvre; mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po); revêtement intermédiaire; pare-vapeur posé par l'extérieur; poutrelles murales verticales de 300 mm (12 po) d'épaisseur du côté extérieur; pare-air du côté extérieur.
- Plafonds : toit cathédrale en poutrelles de 61 cm (24 po) d'épaisseur, avec légère ventilation au-dessus de l'isolant et vide sous toit ventilé avec fermes à talons relevés.
- Isolation : 76 mm (3 po) de mousse projetée de haute densité, et 530 mm (21 po) de cellulose par-dessus. Le plafond a une valeur RSI de 14 (R80).
- Fondations (dalle sur terre-plein) : 127 mm (5 po) de mousse de haute densité projetée directement sur le sol sous la dalle de béton (seulement 76 mm [3 po] sous la dalle du garage).
- Fenêtres : fixes et à battants, à quadruple vitrage, à lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées dans la région).
- Portes : en acier isolées au polyuréthane. Portes doubles (intérieure et extérieure), sauf la porte de l'entrée principale.

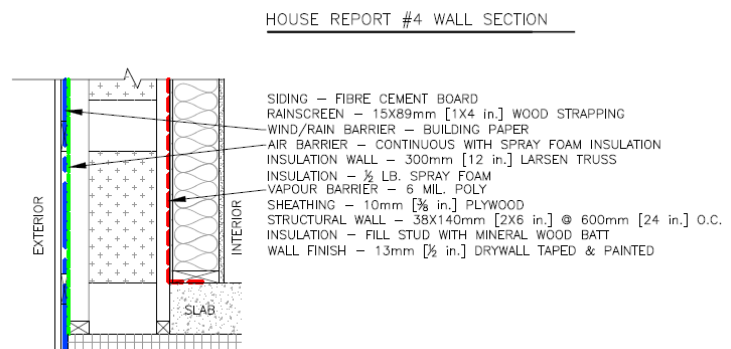


Figure 3 : Section de mur

Systèmes mécaniques

- Chauffage : primaire – plinthes électriques; secondaire – foyer au gaz propane.
- Ventilation : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Venmar EKO 1.5, réseau complet de conduits, ERS de 64 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 59 L/s (124 pi³/min) à haut régime et à 29 L/s (62 pi³/min) à bas régime.
- Eau chaude : chauffe-eau électrique à réservoir avec dispositifs de récupération de la chaleur des eaux ménagères (voir la figure 4) – un dans l’habitation principale et un dans l’appartement locatif.
- Système d’énergie renouvelable : les fils sont en place pour l’électricité solaire, une option d’énergie renouvelable pour l’avenir.

Leçons apprises

La construction de la structure en bois d’œuvre et des poutrelles murales verticales a considérablement allongé la durée des travaux. Les avantages de ce système ont été quelque peu compromis par l’arrivée de l’hiver. L’équipe a dû troquer une partie de l’isolant en cellulose pour de la mousse à faible densité applicable à basse température à cause du temps froid et de contraintes de temps.

L’habitation a été mise en chantier en avril, mais la structure en bois d’œuvre a été terminée seulement en août. Cela était prévu, et il s’agissait de la seule contrainte de temps. Si c’était à refaire, les constructeurs entameraient la structure plus tôt, en atelier au besoin, afin que les travaux avancent plus vite sur le chantier.

Le constructeur et son équipe ont déployé des efforts pour mobiliser tous les ouvriers qualifiés. Ils ont organisé une rencontre au début des travaux pour que tous fassent connaissance. Des réunions étaient tenues régulièrement avec le constructeur en chef de la structure, pour que les ouvriers comprennent les tâches à accomplir. Les informations nécessaires étaient fournies et les ouvriers faisaient en sorte d’atteindre les objectifs. Le VRC a été installé par l’un des constructeurs, avec les conseils d’experts de la région.

Un constructeur a observé qu’il y a « toujours quelques ajustements à faire en cours de route, mais c’est correct tant qu’ils ne remettent pas en question les



Figure 4 : Dispositif de récupération de la chaleur des eaux ménagères



Figure 5 : Structure en bois d’œuvre

objectifs globaux ». Avec le recul, les spécialistes auraient pu être mobilisés plus tôt, mais, dans l'ensemble, les constructeurs sont très satisfaits du projet.

L'un des constructeurs de la structure avait déjà monté un tel assemblage mural. Le concept semblait bien se prêter à une structure en bois d'œuvre (voir la figure 5). L'équipe a fabriqué les fermes elle-même. Comme elles n'avaient pas à supporter un plancher, elles sont de construction légère. Le constructeur envisagerait d'utiliser ce système de nouveau, mais seulement pour une habitation de petite taille, et seulement pour une ossature en bois d'œuvre ou dans le cadre d'une modernisation.

Le constructeur opterait plutôt pour un mur double, soit un mur structural extérieur en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) et un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), avec isolant à base de fibres ou en mousse projetée. Il privilégie les panneaux de mousse de type *Energy Shield* pour faire une séparation entre les murs et l'isolant en matelas (fibre de verre ou laine minérale) dans les cavités murales).

L'autre constructeur de structures en bois d'œuvre utiliserait le même assemblage mural dans un autre projet, mais il construirait les deux murs d'un seul bloc et les installerait ensemble. Il envisagerait peut-être aussi un assemblage légèrement différent, comme une ossature en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), puis un pare-vapeur, puis un revêtement intermédiaire, et enfin un second mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) à l'extérieur, en intercalant un contreplaqué entre les deux murs. Le mur intérieur serait le mur structural porteur. Avec un pare-vapeur du côté extérieur, le nombre de joints est réduit au minimum. En outre, la membrane de polyéthylène est protégée par le mur, de sorte qu'on ne risque pas de la perforer en faisant des travaux de plomberie et d'électricité par l'intérieur. Il n'est pas nécessaire que le mur extérieur soit porteur. Avec des poutrelles murales verticales, il peut avoir n'importe quelle épaisseur.

La maison est sise sur une dalle sur terre-plein coulée sur une couche d'isolant en mousse projetée de haute densité. Cet isolant est facile à travailler, il supporte une personne après 15 minutes, il couvre le sol complètement sans fissures ni joints et on peut couler le béton directement dessus. La mousse de haute densité coûte plus cher, mais elle épouse parfaitement les contours du sol et offre la meilleure protection contre les infiltrations d'humidité et de gaz du sol. Sa mise en place rapide a permis d'économiser sur les coûts de main-d'œuvre.



Figure 6 : Vue intérieure

La mousse projetée de haute densité du plafond forme un bon pare-air/pare-vapeur. La cellulose a été appréciée car elle est faite de papier journal recyclé. Cependant, la méthode choisie a posé un inconvénient majeur lors de l'isolation par l'extérieur, qui s'est avérée longue et fastidieuse. Si c'était à refaire, les constructeurs envisageraient de bâtir avec des fermes ordinaires et d'y ajouter de l'isolant soufflé après la construction

du toit.

Les constructeurs ont choisi des fenêtres à quadruple vitrage fabriquées dans la région. Ces fenêtres ont contribué à l'atteinte de la cible ÉnerGuide, et leur coût n'était pas beaucoup plus élevé que celui des fenêtres à triple vitrage. Faire affaire avec un fabricant local simplifie la tâche en cas d'erreur, surtout que les frais de livraison feraient gonfler la facture. L'absence d'isolation des cadres a été une préoccupation, mais il a été décidé d'installer ces fenêtres malgré tout, en partie parce que la plupart des fenêtres de cette maison sont assez petites.

Pour réduire les fuites d'air et augmenter la résistance thermique, les constructeurs ont opté pour des portes doubles (intérieure et extérieure), sauf pour l'entrée principale. Ils ont trouvé ce genre de porte peu pratique – ouvrir et fermer chacune des portes en succession est un peu fastidieux. En outre, la pression qui se forme entre les deux portes rend la fermeture d'une porte difficile lorsque l'autre est fermée. Pour cette raison, il a été décidé d'installer une porte simple à l'entrée.

Les constructeurs ont opté pour des plinthes électriques comme source de chauffage primaire, pour diverses raisons : solution la plus efficace en termes de coûts, aucune pièce mobile, aucun usage de combustible fossile sur place et facilité d'installation des fils électriques par rapport aux conduits d'air. Ce type de chauffage est peu coûteux et simple à faire fonctionner, il est efficace et il peut répondre rapidement aux besoins de chauffage. Un VRC ayant été installé pour l'échange d'air, un système à air pulsé n'était pas nécessaire. D'ailleurs, il aurait été difficile de trouver un générateur d'air chaud d'assez petite capacité. L'éclairage et les autres sources de chaleur liées à la simple occupation du logement suffisent presque à chauffer le bâtiment. Le foyer ne sert que de système auxiliaire. La prochaine fois, les constructeurs aimeraient essayer un accumulateur de chauffage électrique pour concentrer la consommation durant les heures où l'électricité du réseau de distribution isolé du Yukon est produite dans une plus grande proportion par des sources renouvelables.

Les constructeurs ont installé des lampes à halogène et des lampes fluorescentes compactes (LFC), ainsi que quelques lampes à DEL. Ils conseillent à leurs clients d'opter pour des DEL, qui atteignent leur pleine brillance sans délai, durent longtemps et sont de moins en moins coûteuses. À long terme, elles coûtent moins cher et leur impact environnemental est inférieur. Les constructeurs n'ont pas investi dans des dispositifs de commande électroniques en raison des coûts et, à l'époque, de doutes sur la fiabilité. Ils souhaitaient également que la maison demeure simple, sans commandes complexes.

La maison est magnifique, mais les constructeurs opteraient pour une conception plus simple pour leur prochain projet. La structure en bois d'œuvre a fait gonfler les coûts. Ils aimeraient essayer de construire une maison abordable de taille moyenne à haut rendement énergétique en mettant davantage l'accent sur l'étanchéité à l'air des murs et des fenêtres.

Les inspecteurs municipaux ont été ravis de voir des gens adopter de telles méthodes de construction, qu'ils apprécient à leur juste valeur. La municipalité de Whitehorse s'est dotée de normes énergétiques parmi les plus strictes au Canada. Cette maison et l'équipe de constructeurs ont incité d'autres personnes à adopter la norme SuperGreen. Ils se sont fait les champions de cette pratique lors de déjeuners-causeries d'entrepreneurs. Ils n'ont jamais rencontré de constructeur d'un bâtiment SuperGreen qui ne soit pas très satisfait des résultats.

Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- Dispositifs de commande : détecteur de mouvement à l'extérieur.

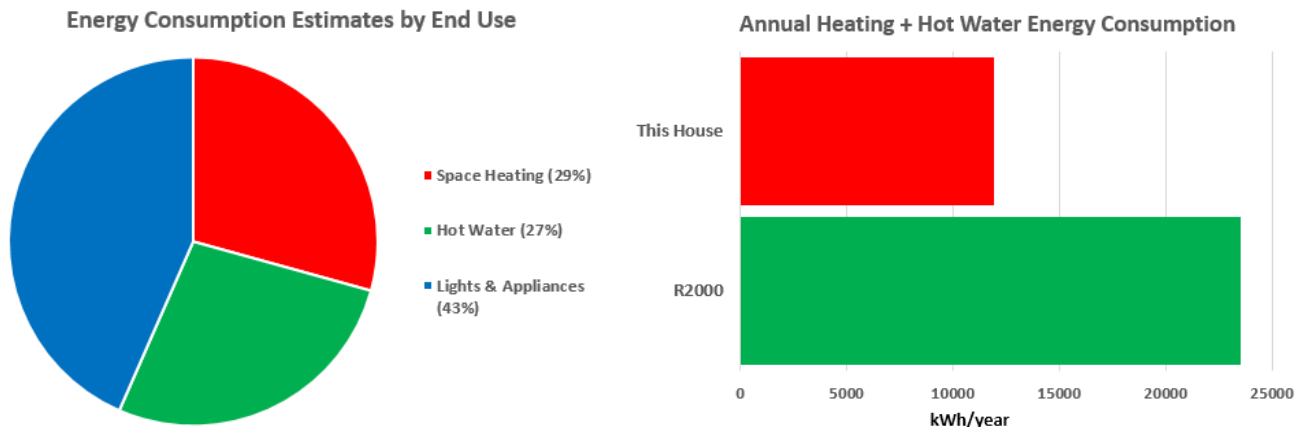
- Éclairage : lampes fluorescentes compactes (LFC) et quelques lampes à diodes électroluminescentes (DEL).
- Électroménagers : tous les appareils sont homologués ENERGY STAR^{MD}.
- Autres caractéristiques : chaque pièce est dotée de son propre thermostat, qui pourra être remplacé plus tard par un thermostat programmable.
- La dalle de béton teinte fait office de plancher fini.
- Les conduits d'évacuation des douches sont dotés de dispositifs de récupération de la chaleur des eaux ménagères.

Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

Cote ÉnerGuide : 87



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	7,5 kW (25 590 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	112 m ² (1 208 pi ²)
Superficie chauffée sur la dalle	81 m ² (874 pi ²)
Superficie chauffée totale des aires habitables	112 m ² (1 208 pi ²)
Superficie au sol	93 m ² (1 000 pi ²)

Aire de fenêtrage	10,8 m ² (116 pi ²)
% de fenêtres face au sud	24 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (<i>en fonctionnement réel</i>)	0,4 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (<i>en fonctionnement réel</i>)	65,8 cm ² (10,2 po ²)
Consommation annuelle d'énergie par m ²	184 kWh/m ²
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	20 656 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication

Ce projet a été financé par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) et le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) de Ressources naturelles Canada (RNCAN). Les opinions exprimées dans le rapport sont celles de l'auteur (des auteurs) et ne reflètent pas nécessairement les opinions de la SCHL ou RNCAN. La contribution financière de la SCHL et RNCAN à la publication de ce rapport ne constitue nullement une approbation de son contenu.