

Guide technique sur la construction modulaire en bois



cecobois

Centre d'expertise
sur la construction
commerciale en bois

cecobois remercie Ressources naturelles Canada,
le ministère des Ressources naturelles
du Québec et la Société d'Habitation du Québec
pour leur contribution financière à la réalisation de ce guide.



Natural Resources
Canada



Avant-propos

Ce guide technique a pour but d'assister les ingénieurs et les architectes dans la conception de bâtiments modulaires en bois. Depuis plusieurs années déjà, ce type de construction fait appel à plusieurs composantes structurales préfabriquées en usine, ce qui offre de nombreux avantages tels que la qualité de la fabrication et la rapidité d'installation au chantier. Ce guide technique présente, entre autres, les avantages et les particularités de la construction à ossature légère ainsi que les principes de conception et les normes de calcul utilisées. Ce guide met aussi l'accent sur les détails de construction et les exigences concernant l'installation au chantier.

Remerciements

Les conseillers techniques de **cecobois** remercient les spécialistes suivants pour leur aide à la réalisation de ce guide :

- Michel Rouleau, Solutions Tandem
- Hélène Labrie, Solutions Tandem
- Amilie Gagnon, Solutions Tandem
- Martin Gamache, Solutions Tandem
- Christian Bovet, Transport Champion
- Bertin Rioux, Construction Goscobec
- Patrick Martin, Construction Goscobec
- Éric Bonneville, Industries Bonneville
- Stéphane April, Batitech
- Claude Gagnon, Canadien National
- Alain Boulet, ing., QWEB

Responsabilités du lecteur

Bien que ce guide ait été conçu avec la plus grande exactitude conformément à la pratique actuelle du calcul des structures en bois, le Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (**cecobois**) n'est nullement responsable des erreurs ou des omissions qui peuvent découler de l'usage du présent guide. Toute personne utilisant ce guide en assume pleinement tous les risques et les responsabilités. Toute suggestion visant l'amélioration de notre documentation sera grandement appréciée et considérée pour les versions futures.

Table des matières

Avant-propos	i
Remerciements	i
responsabilités du lecteur	i
Table des matières	ii
Liste des Figures	iv
1 Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois	1
2 Généralités	2
2.1 Avantages environnementaux de la construction en bois	2
3 Historique de la préfabrication	3
3.1 Les débuts	3
3.2 Projets commerciaux au Québec	4
4 Les différentes techniques de préfabrication	5
4.1 Préfabrication de panneaux	5
4.2 Préfabrication de modules	5
5 Les principes de base de la conception en panneaux	6
5.1 Systèmes structuraux préfabriqués en bois	6
6 Avantages de la préfabrication en modules	6
6.1 Contrôle des conditions	6
6.2 Échéancier et gestion du chantier	7
6.3 Contrôle de qualité	7
6.4 Spécialisation de la main-d'œuvre	7
6.5 Concurrence et disponibilité de la main-d'œuvre locale	8
6.6 Développement durable et environnement	8
7 Les principes de base de la conception modulaire	9
7.1 Dimensions maximales	9
7.2 Trame de conception et orientation des modules	10
7.3 Toiture	15
8 Structure et transferts de charge	19
8.1 Ancrage sur fondation / vide sanitaire	19
8.2 Ancrage sur cages de bois, pyramides d'acier, massifs de béton, pieux d'acier	20
8.3 Ancrage avec dalle sur sol	22
8.4 Transfert des charges de plancher et de toit	22
8.5 Utilisation de bois d'ingénierie	22

9	Mécanique du bâtiment	24
9.1	Électricité	24
9.2	Plomberie	25
9.3	Ascenseurs et monte-charge	26
9.4	Ventilation / Climatisation	27
9.5	Gaz	28
9.6	Plancher chauffant	28
10	Transport	29
10.1	Entreposage et emballage	29
10.2	Transport routier	29
10.3	Transport maritime	31
10.4	Transport ferroviaire	31
11	Travaux chantiers	32
11.1	Installation avec une grue	32
11.2	Installation « roulée »	32
11.3	Mise en place et jonction intermodules	32
11.4	Couvre-plancher	33
11.5	Plâtre et peinture	34
11.6	Revêtement extérieur	34
12	Plans et devis pour la construction préfabriquée	35
12.1	Bureau des soumissions déposées du Québec	35
13	Rôles et responsabilités du fabricant, de l'entrepreneur général, du donneur d'ordre, des professionnels	36
13.1	Dessins d'atelier du fabricant	36
13.2	Matériaux fournis pour terminer les travaux débutés en usine	36
13.3	Inspection en usine par les professionnels	36
13.4	Tel que construit	36

Liste des figures

Figure 1	www.cecobois.com	1
Figure 2	Cycle de vie des matériaux de construction	2
Figure 3	Données comparatives du cycle de vie d'une poutre de bois	3
Figure 4	Condos Azure (Industries Bonneville)	4
Figure 5	Bâtiment d'Hydro-Québec à Boucherville (Goscobec)	4
Figure 6	Section de toiture (à gauche) et panneaux (à droite) (Batitech)	5
Figure 7	Intérieur d'un module dans une usine (Goscobec)	5
Figure 8	Section de plancher préfabriquée (Batitech)	6
Figure 9	Intérieur d'une chaîne de montage (Goscobec)	6
Figure 10	Construction modulaire VS construction traditionnelle	7
Figure 11	Module avec dimensions (sans fardier)	9
Figure 12	Allongement des fermes pour modules de dimensions différentes	10
Figure 13	Modules dans tous les sens	10
Figure 14	Modules avec planchers et plafonds	11
Figure 15	Coupe de mur et de plancher avec protection incendie	12
Figure 16	Exemple d'ajustement des modules	13
Figure 17	Détail technique d'une jonction intermodules	14
Figure 18	Cage d'escalier	14
Figure 19	Module de plafond cathédrale	14
Figure 20	Contreventement temporaire d'un module sans plancher	15
Figure 21	Fermes penturées	16
Figure 22	Alignement des modules	17
Figure 23	Toitures à quatre versants	17
Figure 24	Coupe de toit avec membrane	18
Figure 25	Détail type d'un ancrage sur fondation standard	19
Figure 26	Détail type d'un ancrage sur fondation de coffrage isolant	19
Figure 27	Système d'ancrage à plaques d'acier soudées	19
Figure 28	Section de plancher non finie	19
Figure 29	Détail type d'un ancrage sur bloc de bois	20
Figure 30	Détail type d'un ancrage sur sonotube	21
Figure 31	Détail type d'un ancrage sur pyramide ajustable	21
Figure 32	Massif d'ancrage de béton préfabriqué	21
Figure 33	Modules installés sur panneaux au rez-de-chaussée	22
Figure 34	Exemple de coupe structurale longitudinale	23
Figure 35	Exemple de coupe structurale transversale	23
Figure 36	Distribution des panneaux électriques	24
Figure 37	Exemple de système de plomberie (2 étages)	25
Figure 38	Cage d'ascenseur modulaire	26
Figure 39	Exemple de système de ventilation/climatisation	27

Figure 40	Jonction conduit de ventilation	27
Figure 41	Exemple de système de distribution du gaz propane	28
Figure 42	Photo de modules emballés sur le terrain en attente d'érection	29
Figure 43	Dimensions pour le transport	30
Figure 44	Modules en chargement vers le bateau	31
Figure 45	Modules sur un train	31
Figure 46	Support d'arrimage	31
Figure 47	Installation d'un module à la grue	32
Figure 48	Alignement et boulonnage de la poutre centrale du rez-de-chaussée	32
Figure 49	Raccordement au plafond	32
Figure 50	Raccordement au mur	33
Figure 51	Dessin de raccordement de toiture	33
Figure 52	Pose de plancher	33

1 Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois

Le Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (**cecobois**) est un organisme à but non lucratif dont la mission est d'appuyer sans frais les promoteurs, les développeurs ainsi que les firmes d'ingénieurs et d'architectes en matière d'utilisation du bois dans les constructions non résidentielles au Québec.

cecobois est votre ressource première afin d'obtenir:

- des conseils techniques en matière de faisabilité d'utilisation du bois dans les projets commerciaux;
- des renseignements et des services sur des solutions constructives en bois.

Vous êtes promoteur, ingénieur ou architecte? cecobois peut vous renseigner sur:

- l'interprétation du Code du bâtiment;
- la démarche à suivre pour concevoir un bâtiment en bois;
- les possibilités d'utilisation du bois en construction commerciale, industrielle ou institutionnelle;
- les produits de structure, les bois d'apparence et les parements disponibles;
- les propriétés mécaniques du bois et des bois d'ingénierie;
- les outils et les manuels de calcul des structures disponibles;
- les solutions de constructions en bois appropriées;
- les avantages du bois du point de vue des impacts environnementaux;
- l'analyse du cycle de vie des matériaux, des bâtiments ou des systèmes de construction.

Visitez notre site Internet au www.cecobois.com afin d'obtenir une vaste gamme de renseignements sur la construction non résidentielle en bois, des nouvelles, des fiches techniques et des outils de conception en ligne (figure 1).



FIGURE 1 • www.cecobois.com

2 Généralités

2.1 Avantages environnementaux de la construction en bois

Dans un monde sensibilisé à l'environnement, le bois s'avère un matériau de premier choix. Il a beaucoup à offrir pour améliorer la performance environnementale globale des bâtiments. L'utilisation du bois permet de réduire l'empreinte environnementale, notamment en matière de consommation d'énergie, d'utilisation des ressources ainsi que de pollution de l'eau et de l'air.

Toutes les activités humaines ont des répercussions sur notre environnement immédiat, si bien qu'il est pratiquement impossible de construire un bâtiment n'ayant aucun impact écologique. Les concepteurs et les constructeurs de bâtiments deviennent toutefois de plus en plus conscients de l'importance de leurs choix pour réduire l'empreinte environnementale des bâtiments. C'est pourquoi ces derniers adoptent davantage de concepts de « construction écologique » et optent pour des solutions visant à réduire la consommation d'énergie, à favoriser l'emploi de matériaux renouvelables et à limiter la pollution causée par la fabrication des différents produits.

L'analyse du cycle de vie quantifie les impacts qu'un produit, un procédé ou une activité a sur l'environnement au cours de sa vie à l'aide d'une méthode reconnue scientifiquement. Elle considère l'ensemble des étapes, allant de l'extraction des matériaux, la transformation, le transport, l'installation, l'utilisation, l'entretien jusqu'à l'élimination finale ou la réutilisation (**figure 2**). L'analyse du cycle de vie des matériaux est un outil précieux pour quantifier le caractère écologique des projets de construction et soutenir les systèmes de certification environnementale des bâtiments.

L'évaluation de l'ensemble des impacts qu'ont les bâtiments sur l'environnement est une tâche complexe et un défi de taille. L'institut ATHENA a mis au point un outil permettant de calculer les impacts directs sur l'environnement de différentes techniques de construction. Le logiciel ATHENA Impact Estimator (ATHENA™) est un instrument d'évaluation environnementale basé sur l'analyse du cycle de vie qui s'adresse principalement aux professionnels de la construction.

Une récente étude réalisée par **cecobois** a permis de comparer le potentiel de réchauffement climatique d'une poutre en bois d'ingénierie de 7,3 m de

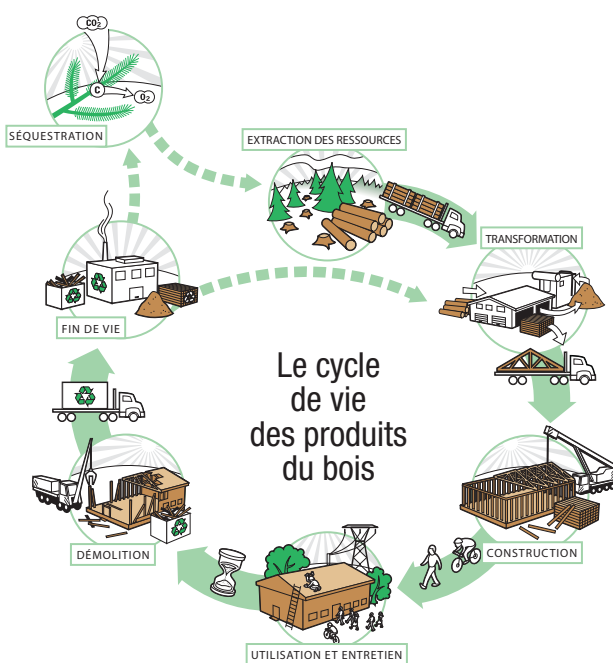


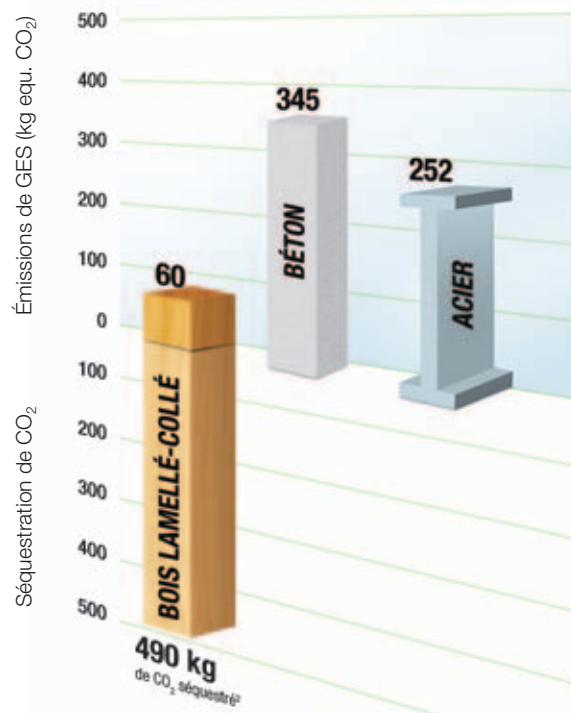
FIGURE 2 • Cycle de vie des matériaux de construction

portée supportant une charge non pondérée de 14,4 kN/m. Dans la **figure 3**, l'équivalent d'émission de CO₂ représente le potentiel de réchauffement climatique obtenu lors de l'analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel ATHENA™. Cette étude démontre que la poutre en bois d'ingénierie émet près de 6 fois moins de GES que celle de béton et environ 4 fois moins que celle en acier.

Le procédé de fabrication du bois de construction requiert en effet moins d'énergie et est beaucoup moins polluant que celui d'autres matériaux ayant un impact plus important sur l'environnement. De plus, l'arbre séquestrant du CO₂ dans le bois au cours de sa croissance, une poutre de bois emmagasine également plus de CO₂ qu'elle n'en émet au cours de sa fabrication. Elle présente donc un bilan carbone avantageux.

L'utilisation du bois en construction contribue aussi à l'efficacité énergétique du bâtiment, car sa faible conductivité thermique permet de réduire efficacement les ponts thermiques causés par la structure.

Respectueux de l'environnement, les éléments en bois d'ingénierie permettent une meilleure utilisation de la ressource en employant des arbres de plus petits diamètres pour fabriquer un produit de haute qualité.



1. Émissions de GES, calculées lors d'une analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel ATHENA™ v 4.1.11
2. Estimé en fonction de la composition du bois pour une masse volumique de 500 kg/m³

FIGURE 3 • Données comparatives du cycle de vie d'une poutre de bois

3 Historique de la préfabrication

3.1 Les débuts

Contrairement à la croyance populaire, la vente de bâtiments préfabriqués a débuté il y a plus d'un siècle. En effet, la compagnie Sears Roebuck & Co proposait, par le biais d'un catalogue, près d'une centaine de modèles de maisons. Les clients intéressés complétaient un bon de commande qu'ils envoyaient par la poste, à la suite de quoi ils recevaient un ou plusieurs chargements comptant environ 30 000 pièces préoccupées ainsi qu'un manuel d'assemblage. On estime qu'entre 1910 et 1940, plus de 100 000 unités ont été vendues aux États-Unis.

Après la Deuxième Guerre Mondiale, le retour au bercail de tous ces jeunes hommes partis combattre

outre-mer et qui n'avaient pas l'intention de retourner chez leurs parents après la guerre a fait exploser la demande en habitation. L'activité économique créée par l'industrialisation a elle aussi créé un important besoin en logements. Ainsi, les 30 000 pièces préoccupées du début du siècle se sont peu à peu transformées pour y inclure davantage de valeur ajoutée ainsi que des composants préassemblés en usine. Petit à petit, les assemblages sont devenus de plus en plus avancés, ce qui a mené à la construction des premières maisons mobiles. Par la suite, des fabricants ont commencé à offrir la possibilité d'assembler plusieurs sections d'une même maison pour en construire une plus grande et moins rectiligne que les traditionnelles maisons mobiles. Les années 1960-1970 ont alors vu naître la maison modulaire.

3.2 Projets commerciaux au Québec

Au Québec, l'exploitation des ressources naturelles et de l'hydroélectricité ont stimulé la demande pour des bâtiments préfabriqués modulaires. Plusieurs campements, cafétérias et bureaux de chantiers ont ainsi été fabriqués en usine pour être assemblés sur les sites

d'exploitation. Ces constructions pouvaient ensuite être déplacées au gré de l'évolution des chantiers.

Aujourd'hui, des bâtiments permanents sont aussi construits en modules. La **figure 4** et la **figure 5** illustrent deux exemples de bâtiments commerciaux réalisés par des fabricants québécois de bâtiments modulaires.



FIGURE 4 • Condos Azure (Industries Bonneville)



FIGURE 5 • Bâtiment d'Hydro-Québec à Boucherville (Goscobec)

4 Les différentes techniques de préfabrication

4.1 Préfabrication de panneaux

Cette technique consiste principalement à assembler en usine les composants structuraux des murs (ossature, revêtement d'OSB ou de contreplaqué, etc.) et à intégrer les éléments d'isolation et d'étanchéité (isolant, pare-vapeur, pare-air, etc.). Sur le chantier, les sections de murs sont érigées à l'aide d'une grue. Lorsque la conception le permet, des sections de planchers pré-assemblées (poutrelles, isolant et sous-plancher) sont aussi transportées sur le chantier pour permettre une érection plus rapide et précise du bâtiment. Il en est de même pour les fermes de toit. Les sections de murs et de planchers sont alors transportées à plat sur un fardier jusqu'au site de construction.



4.2 Préfabrication de modules

La construction modulaire apporte, quant à elle, un niveau de finition plus avancé en intégrant des éléments mécaniques (ventilation, plomberie, gaz), électriques (entrée électrique, distribution) et de finition (gypse, fenestration, couvre-plancher, mobilier intégré). L'installation se fait à l'aide d'une grue en assemblant les différents modules les uns aux autres. Les travaux de chantier sont alors limités au raccordement mécanique et structural des modules entre eux pour terminer les étapes débutées en usine ainsi qu'à la mise en service. La préfabrication modulaire permet de réaliser en usine de 65 % à 85 % de l'ensemble des travaux de construction d'un bâtiment.



FIGURE 6 • Section de toiture (à gauche) et panneaux (à droite) (Batitech)



FIGURE 7 • Intérieur d'un module dans une usine (Goscobec)

5 Les principes de base de la conception en panneaux

5.1 Systèmes structuraux préfabriqués en bois

Une des techniques de préfabrication qui gagne en popularité dans les domaines commercial et industriel est l'utilisation de systèmes structuraux préfabriqués en bois, comme les murs en panneaux, les fermes de toit et les systèmes de plancher. **cecobois** a d'ailleurs produit un guide technique sur le sujet : **Les bâtiments commerciaux préfabriqués à ossature légère en bois**. Cette technique ne sera donc pas analysée en détail dans le présent guide, qui porte sur une toute autre technique de préfabrication : la préfabrication en modules.

Plusieurs possibilités s'offrent au concepteur qui choisit de réaliser des plans et devis qui permettent la préfabrication modulaire. En effet, un bâtiment conçu de façon modulaire peut à la fois être construit sur place de manière traditionnelle, utiliser des systèmes de murs et planchers préfabriqués ou être réalisé à partir de modules fabriqués en usine. L'entrepreneur général pourra alors choisir la technique qu'il privilégie ou choisir de les combiner pour améliorer l'efficacité du chantier. Si la trame de conception est adaptée au modulaire, il sera possible de réaliser à la fois des sections de planchers ou de toit préfabriquées (puisqu'elles seront transportables) et des modules.



FIGURE 8 • Section de plancher préfabriquée (Batitech)

6 Avantages de la préfabrication en modules

6.1 Contrôle des conditions

La préfabrication en modules se faisant à l'intérieur d'une usine, les conditions météorologiques n'influencent ni le travail des ouvriers ni la qualité de la construction. Le fait que les matériaux soient entreposés dans un environnement contrôlé permet non seulement d'obtenir des conditions de fabrication optimales pour les différents modules, mais favorise également l'efficacité des travaux. Par exemple, les ouvriers n'ont pas à protéger leur travail en quittant l'usine et ils ont toujours les matériaux à portée de main. De plus, il n'est pas nécessaire d'attendre que l'enveloppe soit terminée pour commencer les travaux intérieurs. Plusieurs corps de métier peuvent donc travailler en même temps sur un même module.



FIGURE 9 • Intérieur d'une chaîne de montage (Goscobec)

6.2 Échéancier et gestion du chantier

Si la période de préparation est légèrement plus longue dans le cas de la préfabrication modulaire (voir le **sous-chapitre 13.1 : Dessins d'atelier du fabricant**), la construction modulaire, une fois lancée, permet toutefois de raccourcir l'échéancier du chantier. En effet, contrairement à un chantier traditionnel, l'excavation et les fondations peuvent s'effectuer parallèlement à la préfabrication des modules en usine. Aussi, il n'est pas nécessaire d'attendre que toute la structure soit terminée pour faire travailler les corps de métier (par exemple, les électriciens) vu la production à la chaîne des différents modules.

De plus, en raison de la protection contre les intempéries, il est possible de construire les modules en plein hiver pour éventuellement les installer sur les fondations lors du dégel, permettant ainsi une occupation du bâtiment plus tôt dans l'année.

6.3 Contrôle de qualité

Lors de la production des dessins d'atelier, les indicateurs clés de contrôle de qualité sont spécifiés pour chacun des modules. Ainsi, les professionnels peuvent indiquer des éléments précis pour lesquels un contrôle plus rigoureux de la qualité doit être observé. Selon les spécifications des concepteurs, des documents de suivi peuvent être produits pour chaque module ou pour la totalité du bâtiment. Des tests spécifiques peuvent aussi être exigés (test électrique, test de gicleurs, etc.) et consignés au dossier. Les professionnels peuvent également se rendre directement en usine pour surveiller les travaux.

Le fait d'avoir divisé le bâtiment en modules rend d'ailleurs le contrôle et le suivi beaucoup plus facile et précis. La traçabilité des opérations est aussi facilitée, car en plus du responsable de la qualité, les ouvriers paraphent également la fiche de contrôle.

En plus de respecter les normes du Code du bâtiment applicables, certains manufacturiers sont conformes aux normes CSA s'appliquant aux bâtiments préfabriqués au Canada, soient les normes CAN/CSA A277, CAN/CSA Z240 MH et CAN/CSA Z240.10.1.

6.4 Spécialisation de la main-d'œuvre

Parce qu'elle est effectuée en usine, la préfabrication des modules entraîne une spécialisation de la main-d'œuvre. Par exemple, les menuisiers affectés au revêtement extérieur ne sont pas les mêmes que ceux s'occupant de la pose des fenêtres. Cette organisation du travail permet à chacun de développer des méthodes de travail plus précises et efficaces. Dans le cas où un nouveau produit ou une nouvelle méthode d'installation seraient spécifiés, il est facile de former les personnes qui seront attirées uniquement à la tâche concernée par ce changement. Les fabricants de produits de construction peuvent également venir en usine, pour former les employés qui auront à réaliser la tâche, et attester que la pose est conforme à leurs pratiques pour l'application des garanties.

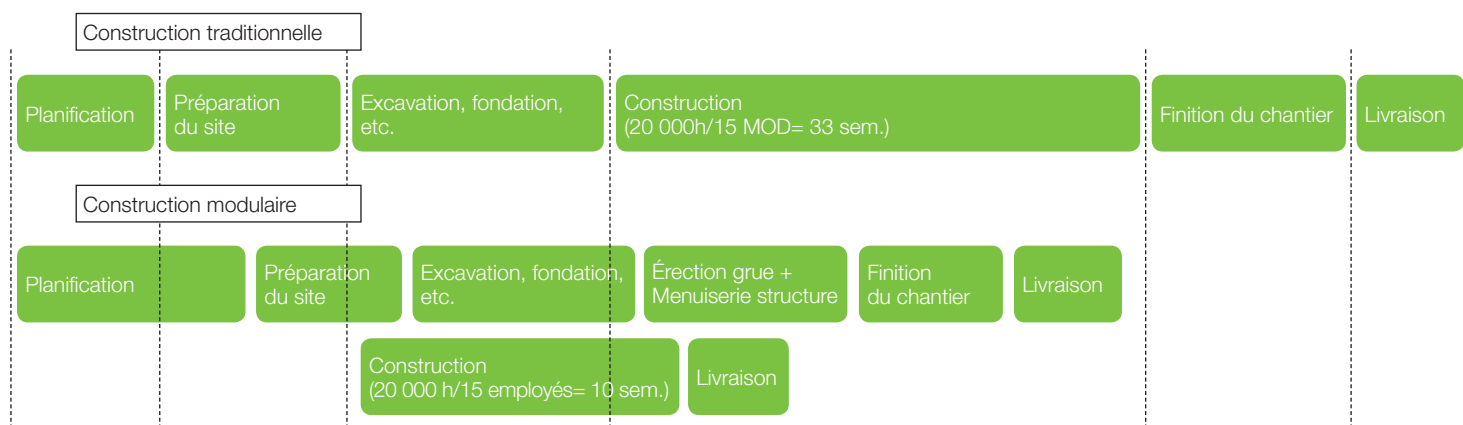


FIGURE 10 • Construction modulaire VS construction traditionnelle

6.5 Concurrence et disponibilité de la main-d'œuvre locale

La rareté de la main-d'œuvre locale ou la faible concentration d'entrepreneurs généraux dans une région donnée peut aussi amener le donneur d'ouvrage à considérer la préfabrication modulaire. En effet, dans certaines régions, les entrepreneurs locaux pourraient, dans le cas de la construction d'un bâtiment résidentiel, ne pas être en mesure de soumissionner en raison de l'importante charge de travail que cela représente et du manque de main-d'œuvre locale. On assistera alors à une hausse des coûts causée soit par un nombre restreint de soumissionnaires, soit par l'embauche de plusieurs ouvriers provenant de l'extérieur de la région (engendrant du coup des frais de pension). Les sous-traitants locaux pourraient également se retrouver exclus du processus, au profit de sous-traitants extérieurs possédant l'expertise et les ressources humaines nécessaires à la réalisation d'un projet de plus grande envergure.

À première vue, l'utilisation de bâtiments modulaires pourrait sembler créer un préjudice aux entrepreneurs locaux, puisque la majeure partie des travaux seraient effectués dans une autre région. Pourtant, étant donné que le besoin en main-d'œuvre est moins important sur un chantier de construction modulaire, un entrepreneur-plombier local pourrait, par exemple, être en mesure de réaliser les travaux de raccordement et de finition du bâtiment avec ses propres équipes d'ouvriers une fois les modules livrés.

6.6 Développement durable et environnement

Depuis plusieurs années, avec l'avènement de programmes d'efficacité énergétique comme Novoclimat, les manufacturiers de bâtiments modulaires ont obtenu l'accréditation d'Entrepreneur Sélect de ce programme. En effet, la construction se faisant à l'abri des intempéries, il est plus facile de réaliser une isolation et une étanchéité optimales. De plus, les manufacturiers ont aussi en place des programmes de recyclage et de récupération avec tri à la source. Il est plus facile pour eux d'apporter ce soin particulier aux matières résiduelles étant donné que la construction se fait en vase clos dans un endroit précis. Une fois sur le chantier, ce souci peut continuer et se traduire par la diminution des déchets. Les structures temporaires érigées dans les modules pour permettre leur transport peuvent aussi être récupérées et réutilisées.

L'application de programmes de construction écologique et durable tels que LEED peut aussi être facilitée par l'utilisation de bâtiments préfabriqués modulaires. Puisque la construction s'effectue par postes de travail, il est plus facile de calculer le pourcentage de déchets détournés ou recyclés et de compléter les lettres types. Pour une certification selon la norme LEED-Habitations, quatre points sont automatiquement attribués dans la section Matériaux et Ressources lors de la construction d'un bâtiment modulaire.

7 Les principes de base de la conception modulaire

7.1 Dimensions maximales

Les limitations de la construction modulaire sont principalement liées au fait que les modules faits en usine doivent être déplacés vers le chantier où sera érigé le bâtiment. Ainsi, les dimensions mentionnées dans ce guide tiennent compte du fait que les modules emprunteront inévitablement le réseau routier québécois. Le **chapitre 10** portant spécifiquement sur le transport permet d'ailleurs d'adapter ces dimensions selon le mode de transport choisi.

Selon les normes de la Société d'assurance automobile du Québec, les modules doivent avoir une largeur maximale de 4,87 m (16 pi) sur une longueur de 21,03 m (69 pi), dimensions mesurées au corps du bâtiment. Quant à la hauteur, celle-ci varie en fonction du fardier à plancher surbaissé qui les transporte. Le règlement permet de transporter jusqu'à 4,42 m (14 pi 6 po) à partir du sol. L'épaisseur du système de toiture est généralement de 72,71 cm (28 5/8 po) en position fermée, mais peut être ramenée dans des cas exceptionnels à une hauteur d'environ 48,58 cm (19 1/8 po) au profit de la hauteur habitable.

Le concepteur pourra aussi tenir compte des limitations liées aux autres moyens de transport dans sa conception, ou encore adapter la largeur des modules dans le but d'éviter d'avoir recours à un ou deux véhicules d'escorte (voir la **section 10: Transport**).

Il n'est toutefois pas nécessaire que les modules soient tous de la même largeur. Il pourrait être avantageux, afin d'optimiser le travail sur le chantier, de concevoir un module de service de 4,27 m (14 pi) de large incluant la cuisine et la salle de bain, jumelé avec un module de 4,88 m (16 pi) pour les aires de vie. Ce faisant, tous les raccordements entre les appareils peuvent être réalisés en usine, si bien qu'il ne reste plus que les raccordements généraux à effectuer au chantier. Il est également possible, dans le cas d'une toiture à deux versants, de conserver la faîte de la toiture au centre du bâtiment (voir **figure 12**).

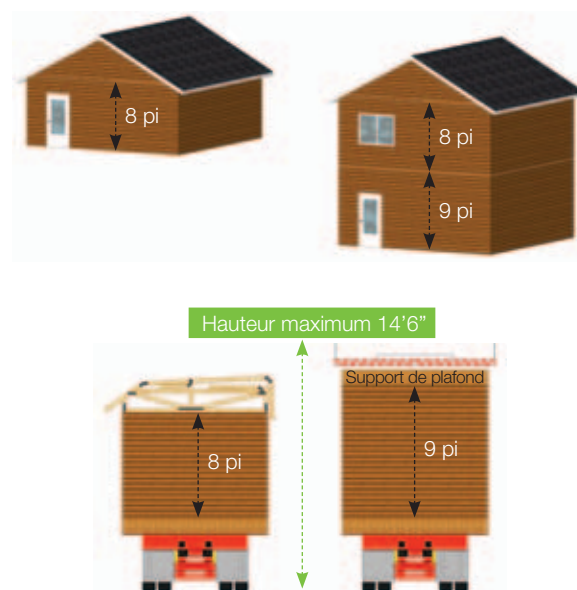


FIGURE 11 • Module avec dimensions intérieures (sans fardier)

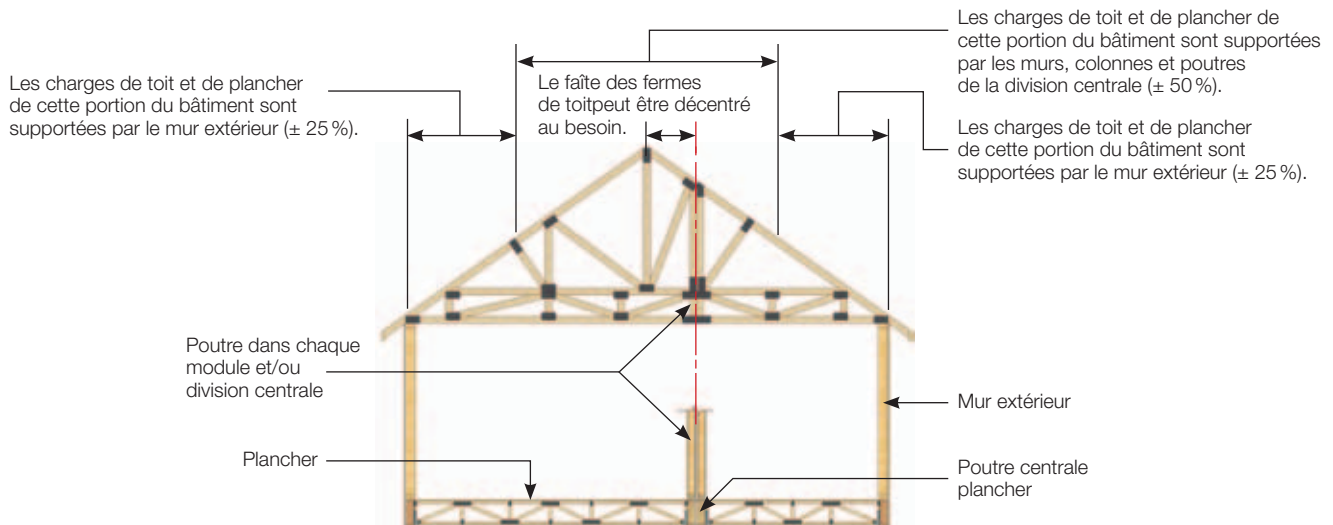


FIGURE 12 • Allongement des fermes pour modules de dimensions différentes

7.2 Trame de conception et orientation des modules

Le concepteur est libre de combiner plusieurs largeurs de modules selon le bâtiment et son usage. Il peut aussi varier l'orientation des modules pour jouer sur l'esthétique du bâtiment.

Une des particularités de la conception modulaire est que chaque module est une structure autoportante. Pour permettre son transport, chaque module comporte un plancher et un plafond en plus des murs (figure 14). Ainsi, la double épaisseur de

mur ou de plancher/plafond lors de l'assemblage des modules facilite le passage des éléments mécaniques entre ces éléments de structure, en plus d'améliorer l'insonorisation et la protection incendie d'un étage à l'autre. Cette conception affecte toutefois les escaliers, qui doivent comporter une marche supplémentaire, ainsi que la hauteur totale du bâtiment. Mais d'un point de vue structural, cette particularité facilite également la réalisation de sections en porte-à-faux puisque de telles sections sont incorporées à l'ensemble du module et non seulement à sa périphérie.

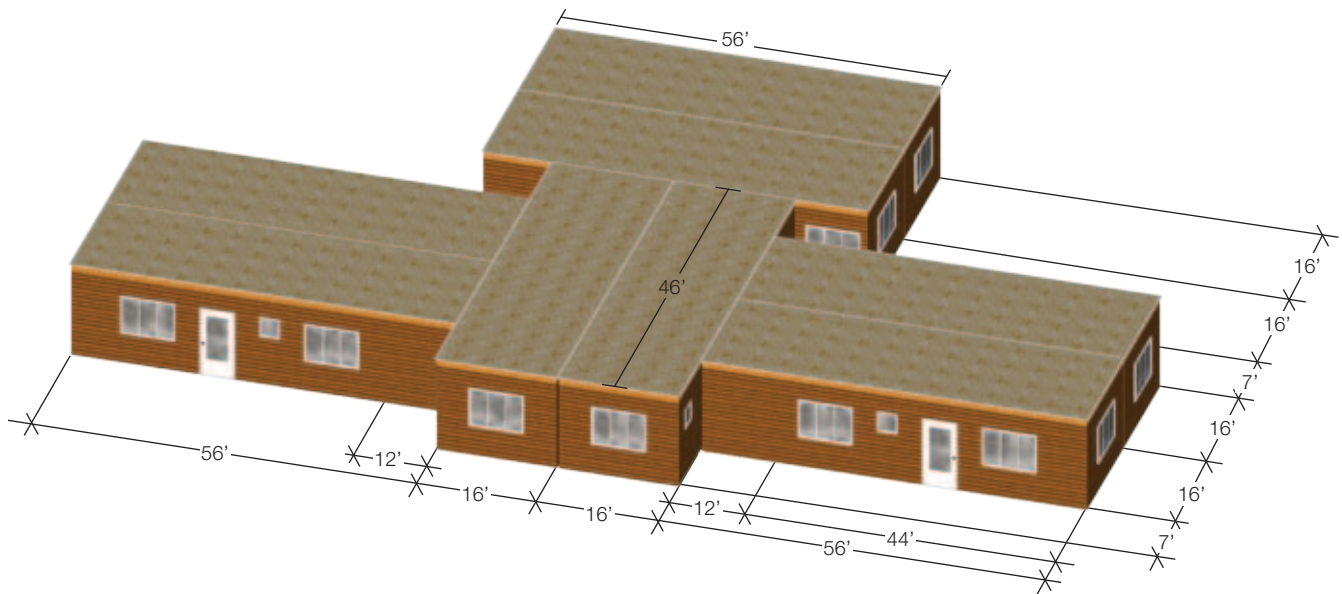
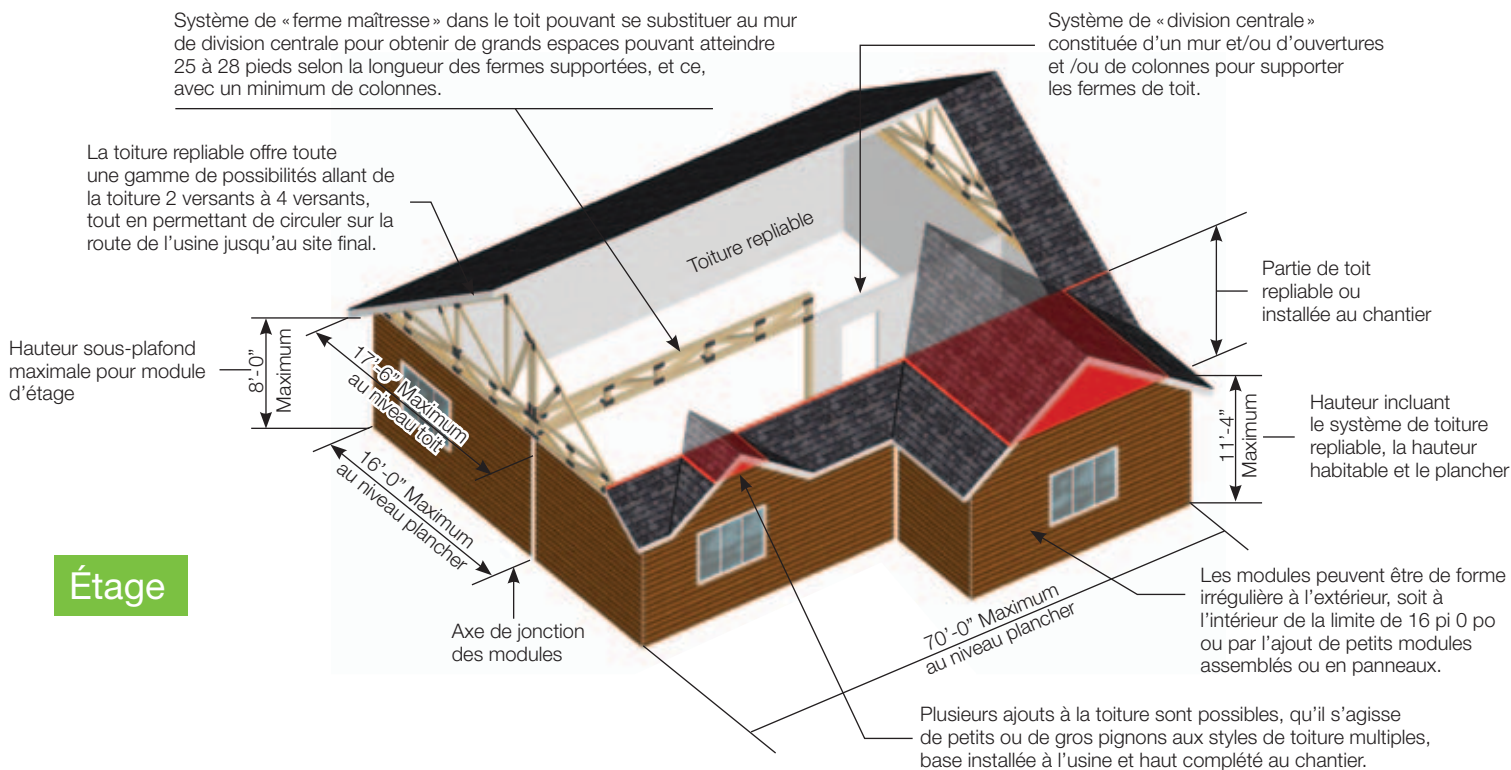
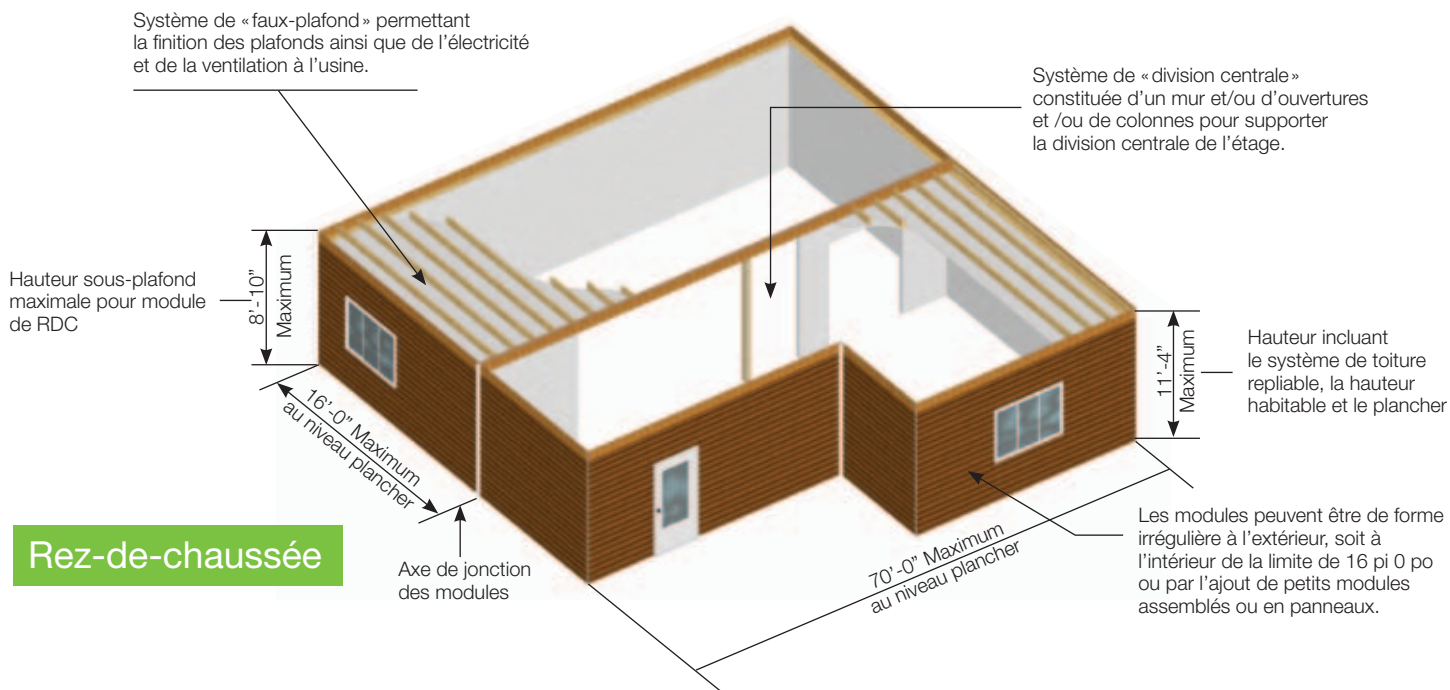


FIGURE 13 • Modules dans tous les sens



Étage



Rez-de-chaussée

FIGURE 14 • Modules avec planchers et plafonds

Mur coupe-feu dans la division centrale (Jonction mur / plancher / faux-plafond)

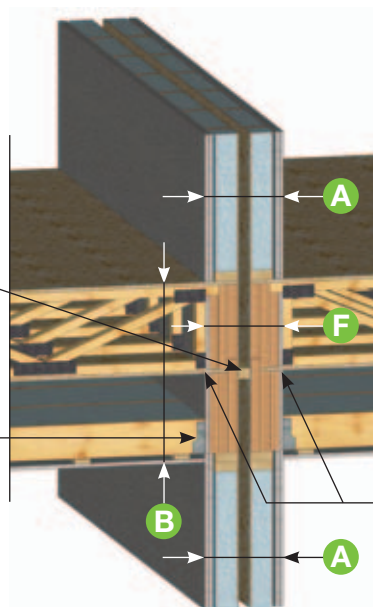
A Mur coupe-feu inter-module

- gypse 5/8" type x
- gypse 5/8" type x
- barre résiliente 7/16"
- sablière double 2" x 4"
- lisse simple 2" x 4"
- colombage en 2"x4" @ 16"c/c avec entremises
- laine insonorisante r-12
- panneau de copeaux 1/4"
- espace d'air 1 3/4"
- panneau de copeaux 1/4"
- laine insonorisante r-12
- colombage en 2"x4" @ 16"c/c avec entremises
- lisse simple 2" x 4"
- sablière double 2" x 4"
- barre résiliente 7/16"
- gypse 5/8" type x
- gypse 5/8" type x

Bloc coupe-feu placé au chantier lors de l'installation des modules

Étriers

Scellant résistant au feu entre les modules apposé au chantier

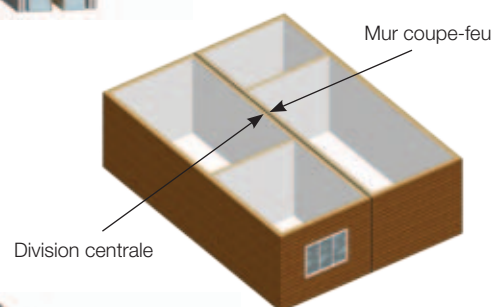


F Coupe-feu plancher inter-module

- gypse 5/8" type x
- lambourde 1-2" x 8"
- solive de pourtour 1-2" x 10" + 1-2" x 8"
- panneau de copeaux 1/4"
- espace d'air 1 3/4"
- panneau de copeaux 1/4"
- solive de pourtour 1-2" x 10" + 1-2" x 8"
- lambourde 1-2" x 8"
- gypse 5/8" type x

B Plancher / plafond type

- contreplaqué 5/8" embouté collé et vissé
- poutrelles 9 1/4" de haut approuvées par ingénieur
- lien continu en 2" x 6" à l'intérieur des poutrelles au centre de la portée.
- espace technique
- solives de faux-plafond 2" x 6"
- espacement selon calcul d'ingénieur
- laine insonorisante r-20
- fourrure de bois 1" x 3" à 16" c/c
- gypse 5/8" type x



Mur coupe-feu perpendiculaire à la division centrale (ex. : au centre d'un module)

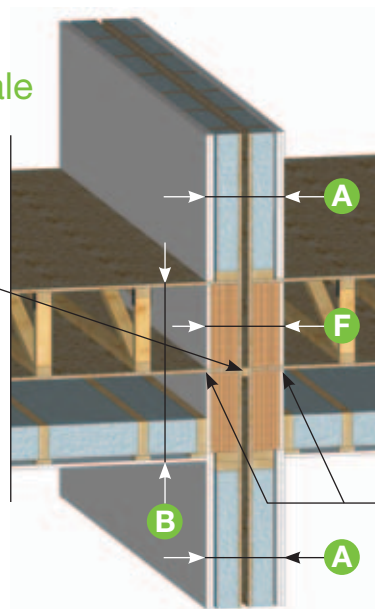
(Jonction mur / plancher / faux-plafond)

A Mur coupe-feu inter-module

- gypse 5/8" type x
- gypse 5/8" type x
- barre résiliente 7/16"
- sablière double 2" x 4"
- lisse simple 2" x 4"
- colombage en 2"x4" @ 16"c/c avec entremises
- laine insonorisante r-12
- gypse 5/8" type x
- espace d'air 1"
- gypse 5/8" type x
- laine insonorisante r-12
- colombage en 2"x4" @ 16"c/c avec entremises
- lisse simple 2" x 4"
- sablière double 2" x 4"
- barre résiliente 7/16"
- gypse 5/8" type x
- gypse 5/8" type x

Bloc coupe-feu 2" x 2" placé au chantier lors de l'installation des modules

Scellant résistant au feu entre les modules apposé au chantier



F Coupe-feu plancher inter-module

- gypse 5/8" type x
- solive triple 3-2" x 10"
- gypse 5/8" type x
- espace d'air 1"
- gypse 5/8" type x
- solive triple 3-2" x 10"
- gypse 5/8" type x

B Plancher / plafond type

- contreplaqué 5/8" embouté collé et vissé
- poutrelles 9 1/4" de haut approuvées par ingénieur
- lien continu en 2" x 6" à l'intérieur des poutrelles au centre de la portée.
- espace technique
- solives de faux-plafond 2" x 6"
- espacement selon calcul d'ingénieur
- laine insonorisante r-20
- fourrure de bois 1" x 3" à 16" c/c
- gypse 5/8" type x

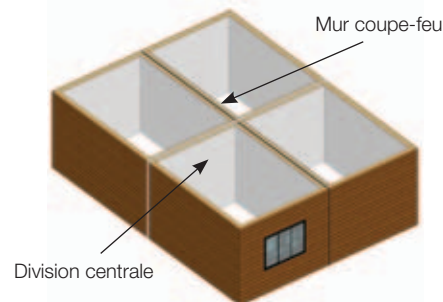


FIGURE 15 • Coupe de mur et de plancher avec protection incendie

De la même façon, la jonction horizontale de plusieurs modules entre eux prescrit un espacement minimal de jonction et d'étanchéité. Si la trame respecte les dimensions maximales de la construction modulaire, le concepteur ne sera pas dans l'obligation de calculer l'épaisseur des murs de division centrale. Le manufacturier qui souhaite soumissionner sur un projet peut soumettre ses dessins d'atelier en sachant que le concept général d'aménagement du bâtiment sera respecté. Cette façon de procéder évite aux concepteurs de faire deux séries de plans, une pour la construction traditionnelle ou en panneaux et une autre pour la construction modulaire.

Lorsque l'implantation possible du bâtiment est limitée, ou si la construction modulaire est la seule méthode de construction envisagée, le concepteur peut dessiner immédiatement les murs de division centrale. Généralement, un espace de 1,91 cm ($\frac{3}{4}$ po) entre les modules est nécessaire. Soit le fabricant diminue la dimension du module pour s'ajuster à la dimension hors tout originale, soit il agrandit le bâtiment proportionnellement. Il serait bon que les plans et devis du professionnel précisent la latitude du fabricant dans les dimensions hors tout pour qu'il sache comment ajuster ces dimensions.

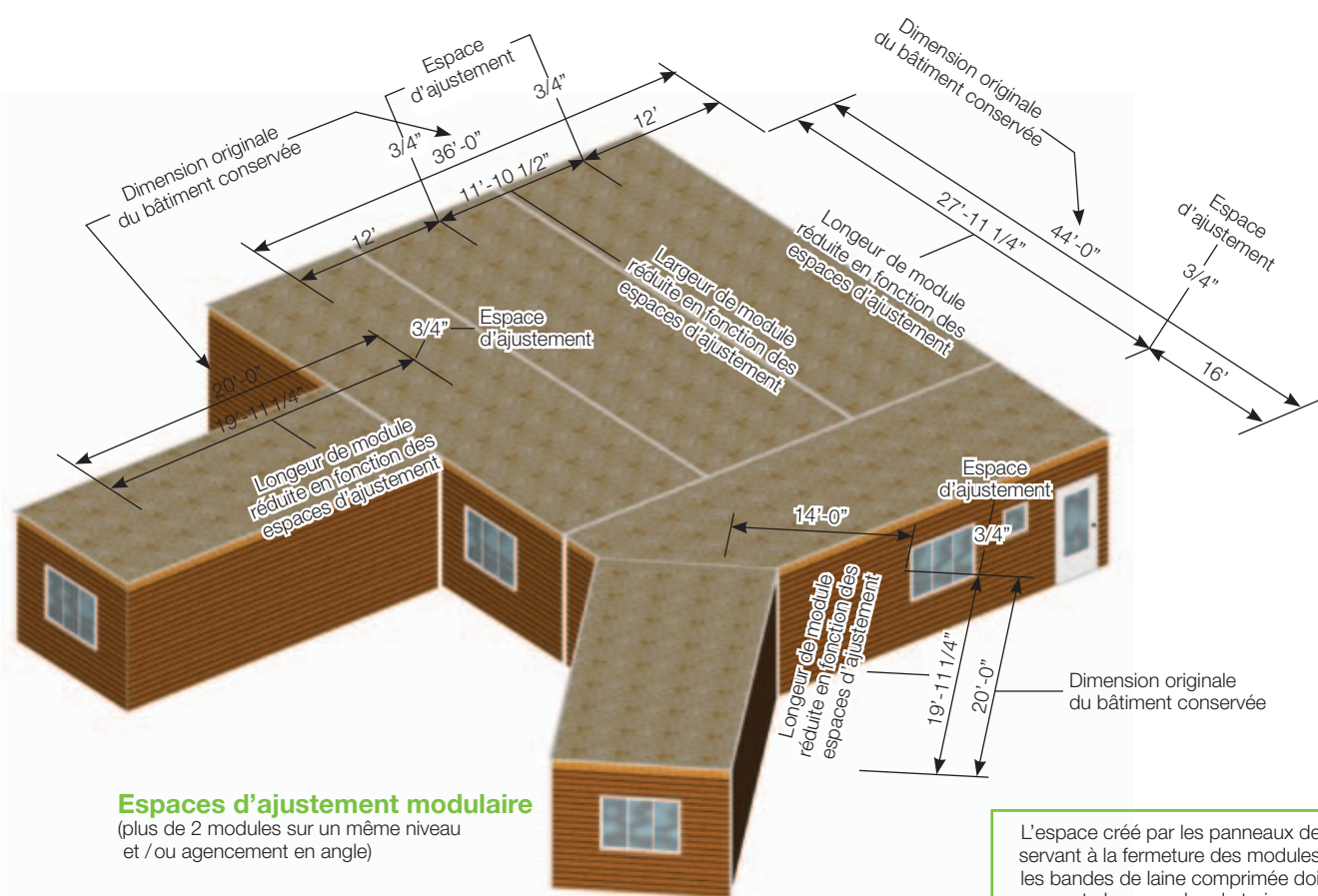


FIGURE 16 • Exemple d'ajustement des modules

Des aires ouvertes sur plus d'un étage ou un plafond cathédrale peuvent aussi être réalisés en utilisant une combinaison des techniques de préfabrication de panneaux et de préfabrication de modules, ou simplement en faisant un contreventement temporaire (figures 18 et 19) au plancher du module de l'étage supérieur qui sera retiré une fois livré sur le chantier.

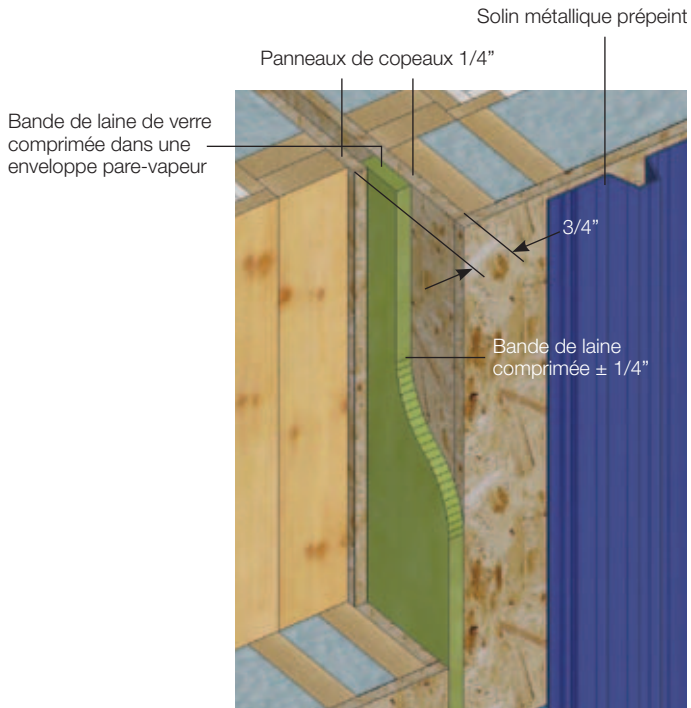


FIGURE 17 • Détail technique d'une jonction intermodules

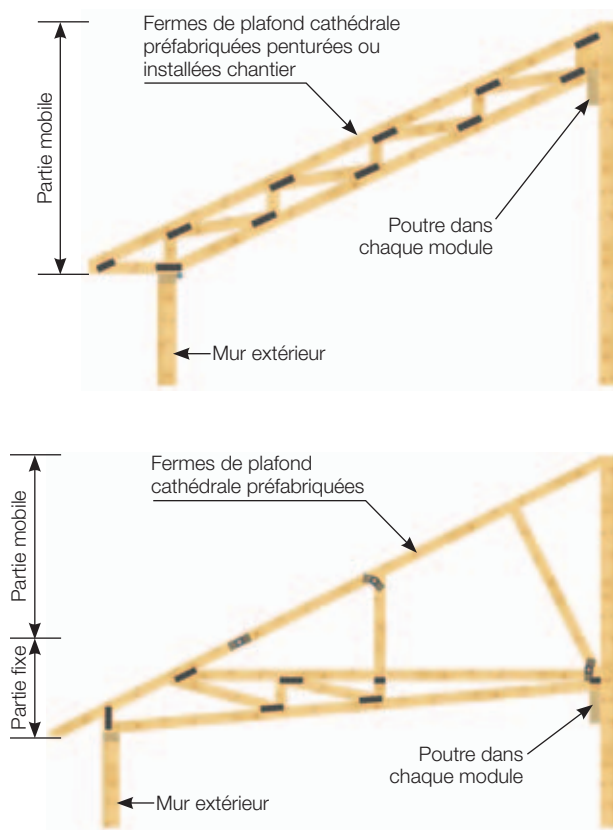


FIGURE 19 • Module de plafond cathédrale

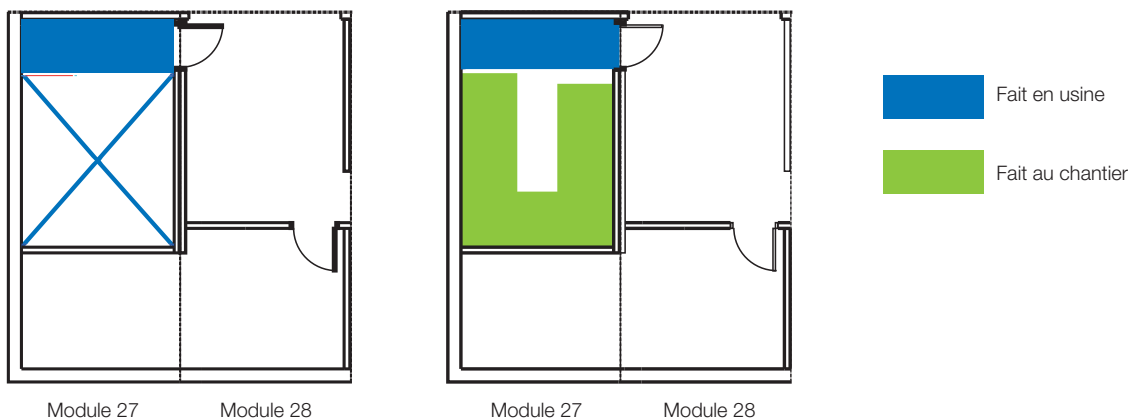


FIGURE 18 • Cage d'escalier

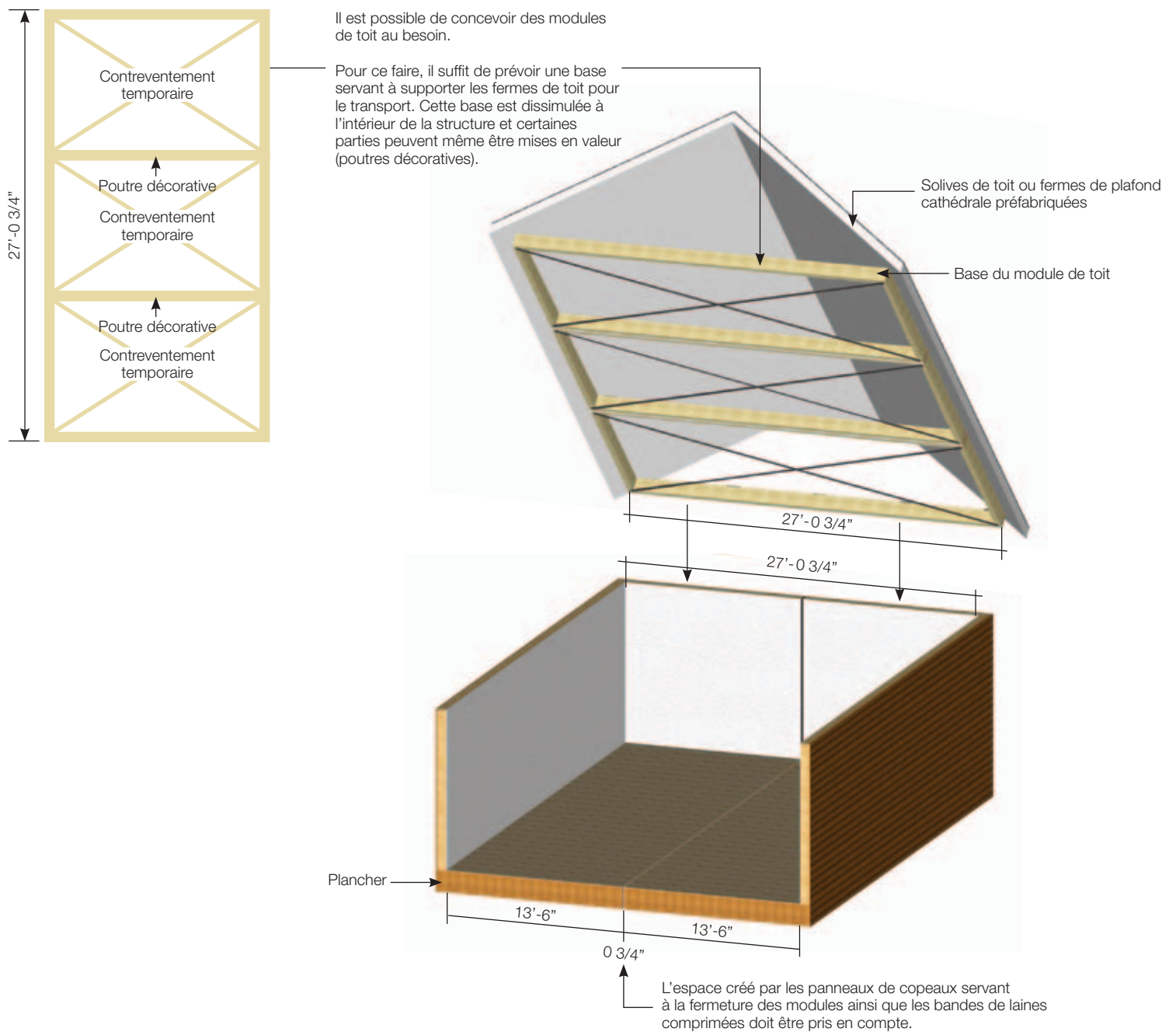


FIGURE 20 • Contreventement temporaire d'un module sans plancher

7.3 Toiture

En construction modulaire, il est possible de réaliser différents types de toitures: des toits à deux ou quatre versants, ainsi que des toits plats ou à pente faible. Pour tirer profit au maximum de la préfabrication, le concepteur essaiera autant que possible de privilégier un toit et des pignons les plus simples possible

afin de maximiser la préfabrication en usine des éléments de toiture. Dans le cas d'un toit ou de pignons non standards, les modules du dernier étage devront alors être livrés sans toiture, et cette dernière devra être entièrement réalisée au chantier. Dans le cas des fermes de toit modulaires, elles sont penturées, comme le démontre la **figure 21**, pour permettre leur transport.

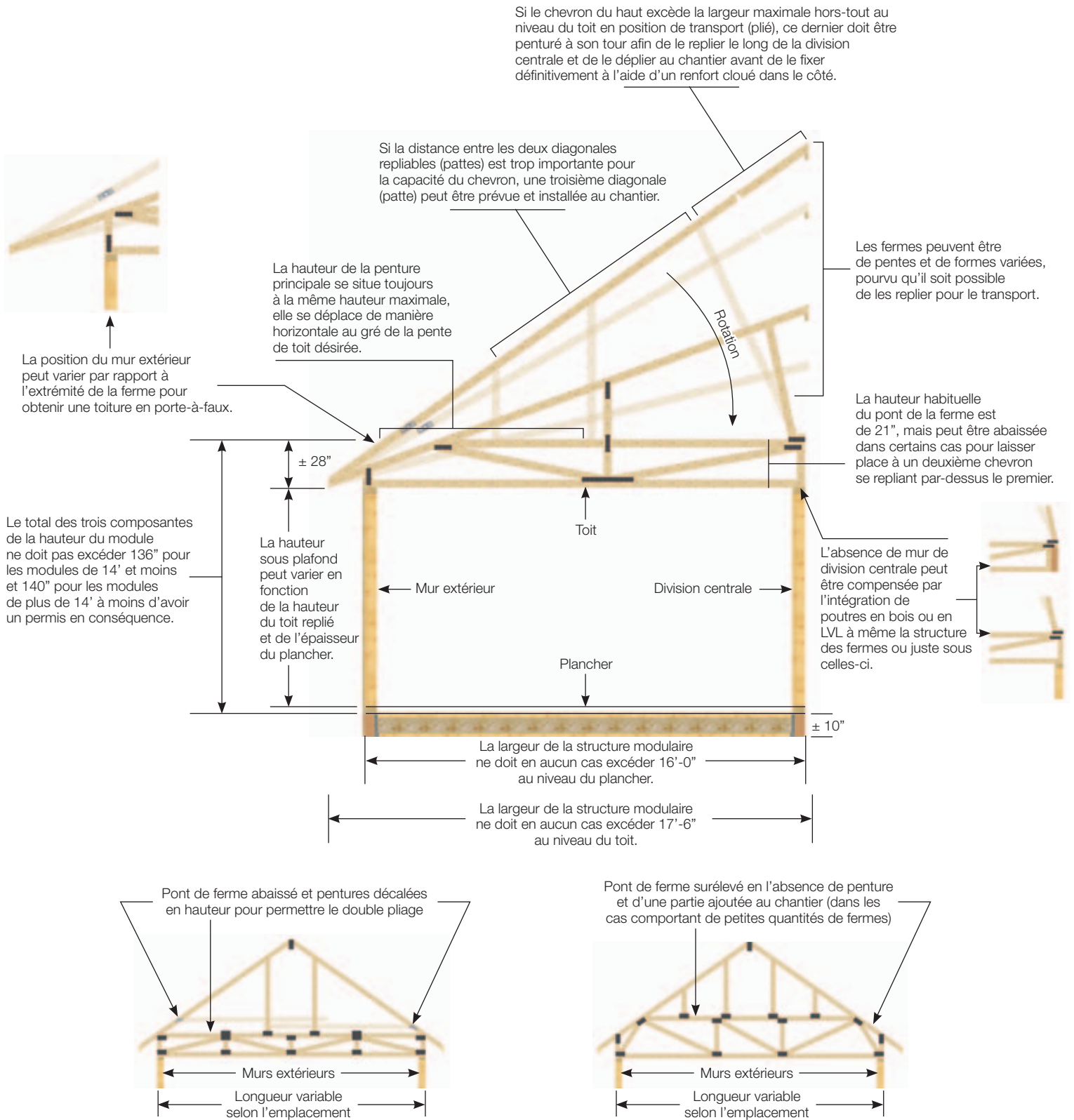


FIGURE 21 • Fermes penturées

Lorsque les modules sont dans le sens contraire de la toiture et qu'un toit à quatre versants est nécessaire, un décalage des modules devient avantageux pour diminuer les travaux et ajustements sur le chantier (figures 22 et 23).

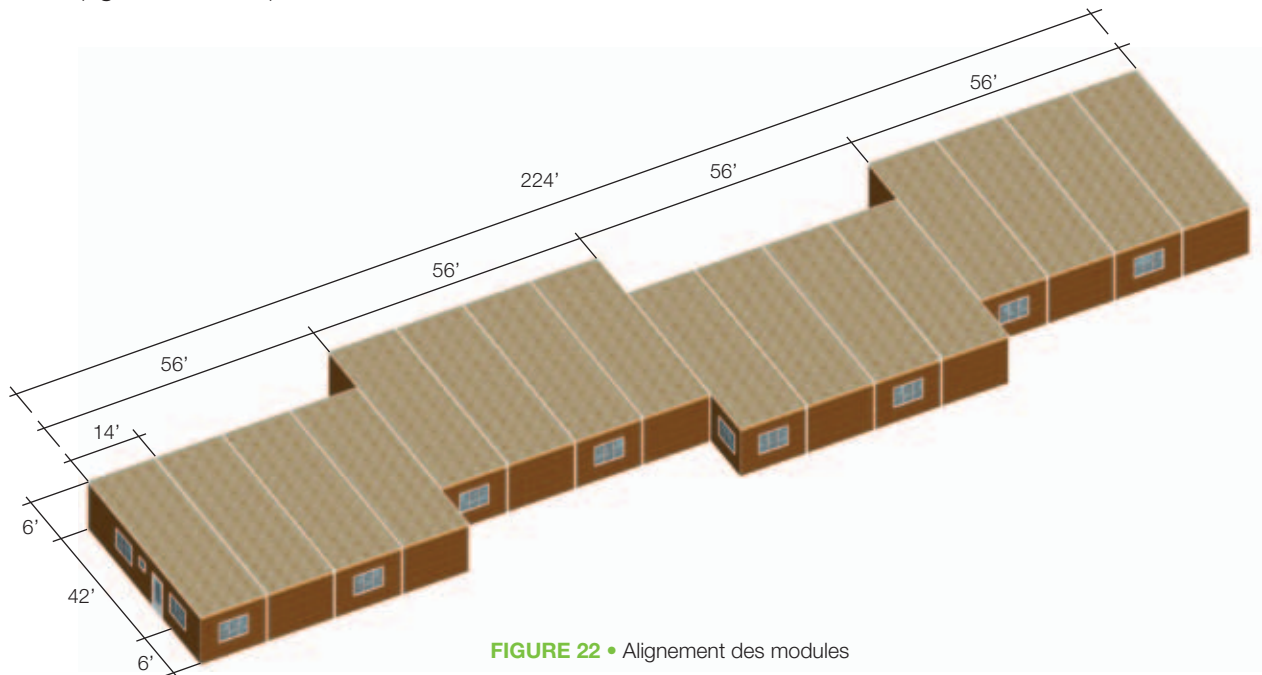


FIGURE 22 • Alignement des modules

Dans la figure suivante, le module A à l'extrémité permet d'exécuter la toiture afin d'avoir un toit à quatre versants à pentures fait en usine. L'ajout d'un pignon permettra d'effectuer les ajustements nécessaires entre B et C. Le décalage entre les sections du bâtiment permet lui aussi un ajustement du module D avec le C sans tenir compte du E. Cette composition n'est pas obligatoire, mais permet simplement d'améliorer le potentiel de préfabrication modulaire.

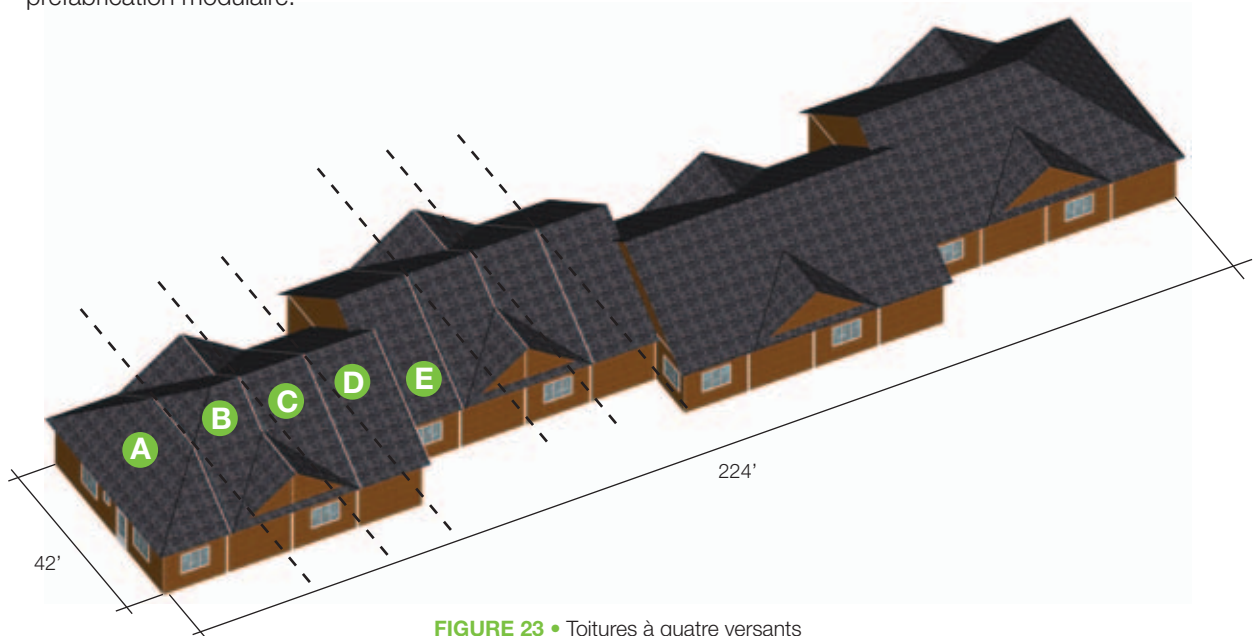


FIGURE 23 • Toitures à quatre versants

Lorsqu'il s'agit d'une toiture à deux versants ayant une pente de moins de 7/12 et sans pignon, la majorité du bardeau d'asphalte est installé en usine, ce qui accélère les travaux d'étanchéité du bâtiment.

Lorsqu'un toit plat ou à faible pente est prescrit, la majorité des travaux sont réalisés en usine, incluant la pose de la membrane d'étanchéité. Une fois au chantier, la jonction intermodules est réalisée comme illustré à la **figure 24**, permettant ainsi d'obtenir plus rapidement une étanchéité adéquate du bâtiment.

Cette règle va changer avec le CNBC 2010 et le TPIC 2011. Ces fermes pourront être calculées selon la partie 9 du CNBC en considérant un coefficient de correction $KF = 0,75$

Les fermes d'un toit plat doivent être calculées comme des fermes commerciales.

Il est possible de concevoir des bassins avec drains de toit en réalisant des fermes au dessus variable afin d'obtenir les pentes nécessaires.

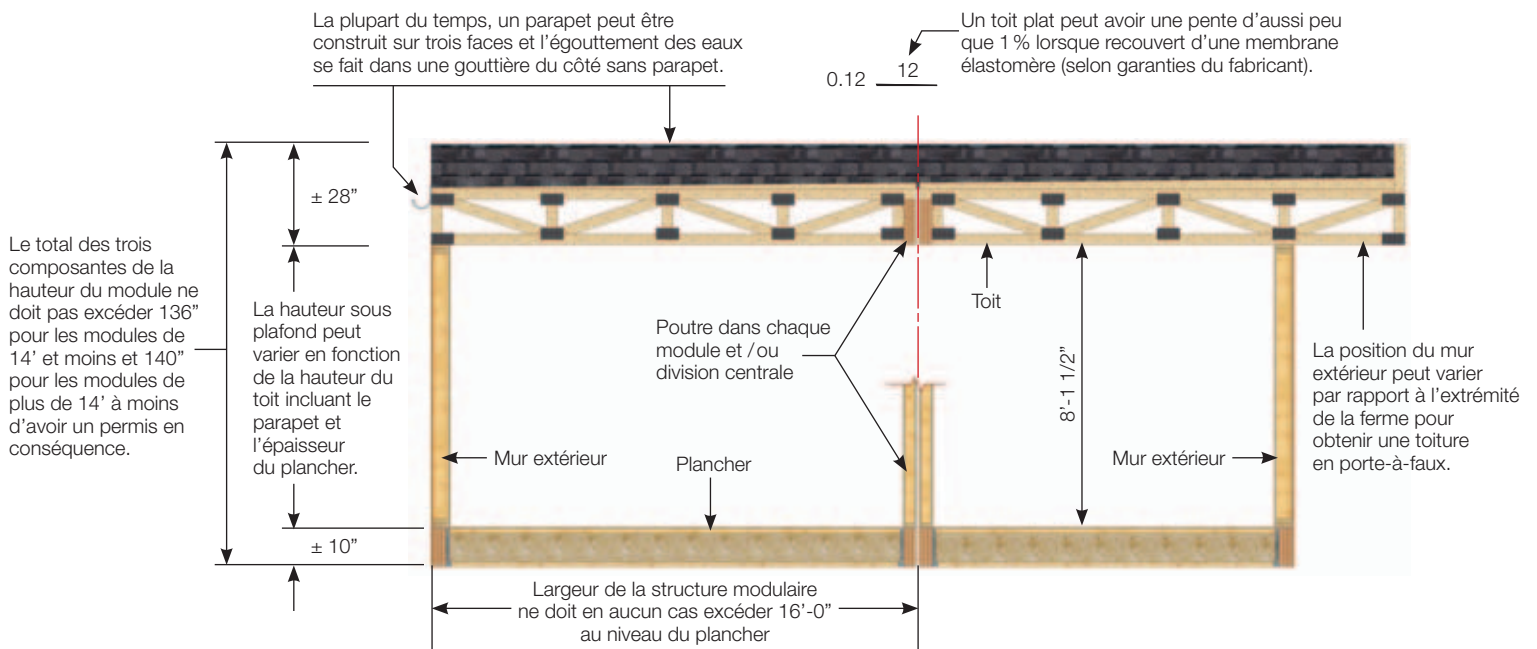


FIGURE 24 • Coupe de toit avec membrane

8 Structure et transferts de charge

8.1 Ancrage sur fondation / vide sanitaire

Généralement, l'installation des bâtiments modulaires se fait sur une fondation. À part la différence au niveau des calculs pour les poteaux porteurs au sous-sol, la fondation d'un bâtiment modulaire est semblable à celle de n'importe quel autre bâtiment. Lorsque l'espace dans la fondation n'est pas requis par l'occupant du bâtiment, le concepteur peut avoir recours à un vide sanitaire ventilé pour permettre aux ouvriers d'effectuer les raccordements intermodules de la structure et des éléments mécaniques. Un espace minimal de 1,22 m (4 pi) est habituellement apprécié des ouvriers qui ont à s'acquitter de ces tâches.

L'utilisation d'ancrages de type HDU de Simpson Strong-Tie pourrait être envisagée en laissant des sections de murs ouvertes lors de la préfabrication. Une autre technique pourrait consister à plutôt travailler les modules par l'intérieur, sous les planchers. La **figure 27** montre une autre technique utilisant un système d'ancrage avec des plaques d'acier soudées fait sur mesure et approuvé par un ingénieur. Cette technique a l'avantage de pouvoir commencer en usine et être complétée au chantier sans nuire au pourcentage de préfabrication. À défaut d'utiliser un système équivalent, le fabricant pourrait laisser une section de plancher non finie pour permettre le boulonnage et l'ancrage (voir **figure 28**).

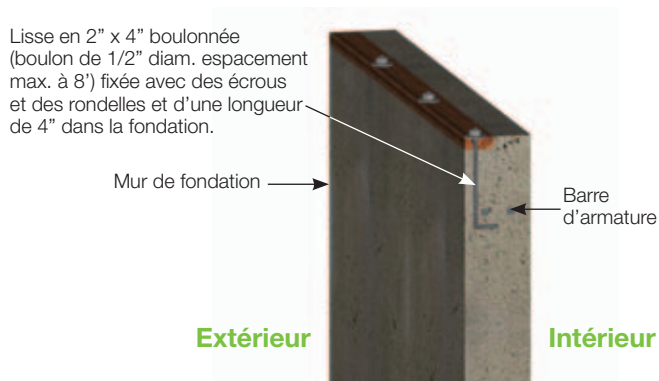


FIGURE 25 • Détail type d'un ancrage sur fondation standard

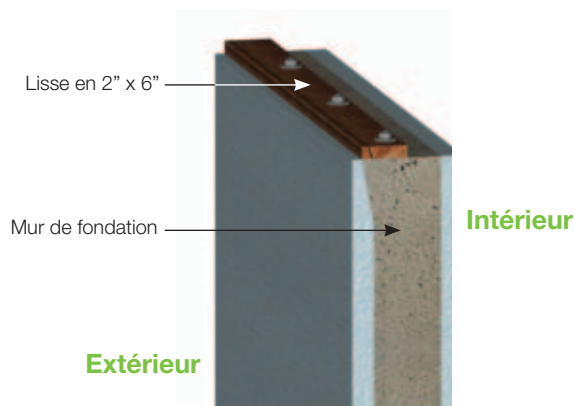


FIGURE 26 • Détail type d'un ancrage sur fondation de coffrage isolant



FIGURE 27 • Système d'ancrage à plaques d'acier soudées



FIGURE 28 • Section de plancher non finie

8.2 Ancrage sur cages de bois, pyramides d'acier, massifs de béton, pieux d'acier

Lorsque le bâtiment est destiné à un usage temporaire, il pourrait être appuyé sur des blocages de bois, sur des Sonotubes de béton ou sur des pyramides en acier qui permettent un ajustement périodique au gré des mouvements de sol. Des massifs de béton préfabriqués (figure 32) pourraient aussi être utilisés

comme base temporaire ou permanente dans les régions où le béton coulé est coûteux et difficile à obtenir. Cette technique permet une mise en place plus rapide que les Sonotubes, en plus de prémunir le bâtiment contre les mouvements du gel. Elle engendre également des coûts moindres d'excavation et de préparation du sol, puisqu'il est nécessaire d'excaver uniquement dans l'axe de jonction des modules pour enfouir les massifs préfabriqués plutôt que l'ensemble de la superficie.

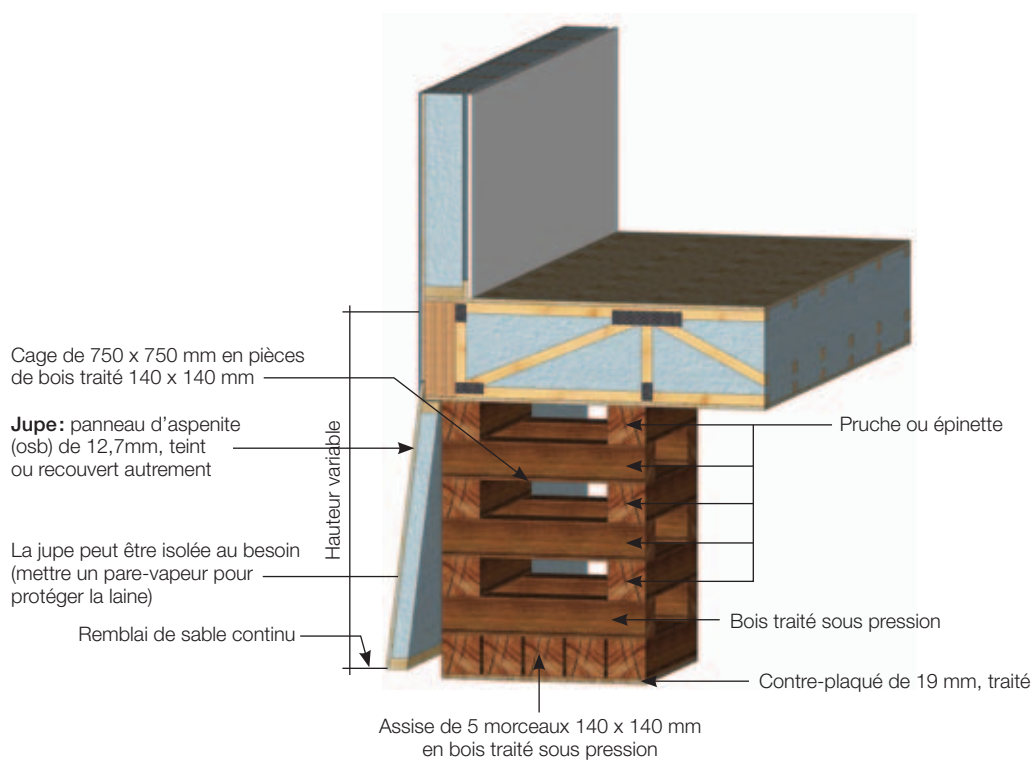


FIGURE 29 • Détail type d'un ancrage sur bloc de bois

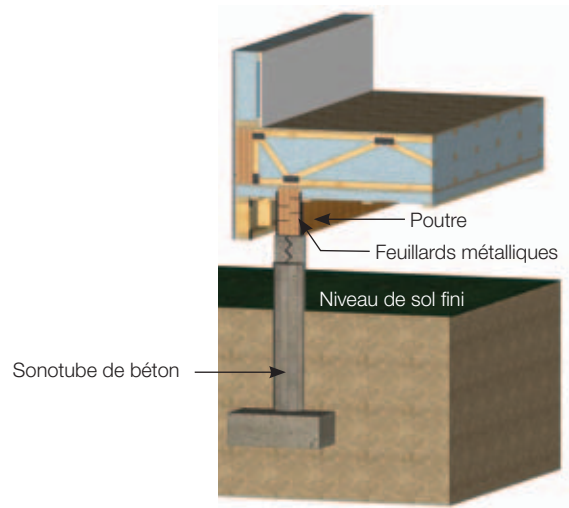
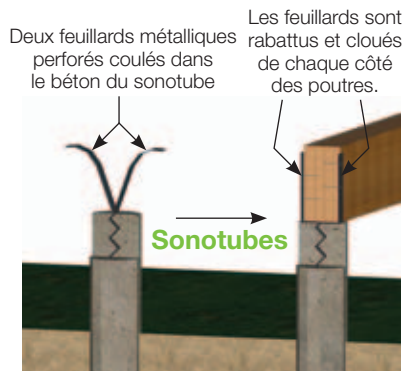


FIGURE 30 • Détail type d'un ancrage sur Sonotube

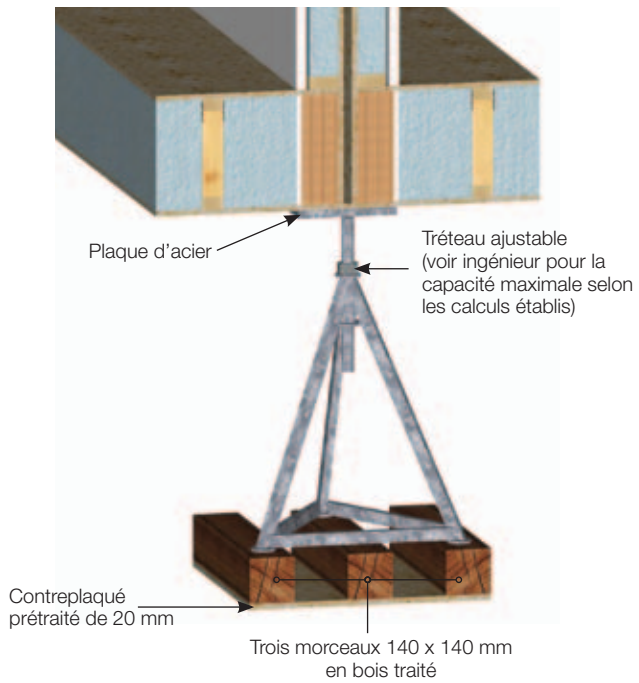


FIGURE 31 • Détail type d'un ancrage sur pyramide ajustable



FIGURE 32 • Massif d'ancrage de béton préfabriqué

8.3 Ancrage avec dalle sur sol

Le plus grand obstacle à la construction modulaire sur dalle sur sol est le fait qu'un module doit avoir son propre plancher pour être transporté. En effet, déposer les modules directement sur une dalle rend la tâche plus difficile, puisqu'il est alors impossible d'accéder sous les modules pour procéder aux raccordements et jonctions intermodules. La seule façon de procéder serait de laisser une section de plancher ouverte à la jonction des modules pour permettre ces raccordements.

Lorsque l'option du vide sanitaire ne peut pas être envisagée, il serait préférable de combiner les deux techniques de préfabrication, soit de faire un rez-de-chaussée en panneaux et les étages supérieurs en modules. Cette technique peut aussi s'avérer avantageuse lors d'une combinaison d'usages : un usage commercial nécessitant des hauteurs libres plus importantes au rez-de-chaussée et un usage résidentiel au-dessus.



FIGURE 33 • Modules installés sur panneaux au rez-de-chaussée

8.4 Transfert des charges de plancher et de toit

Les coupes longitudinale et transversale (figures 34 et 35) d'un bâtiment modulaire démontrent que, contrairement à un bâtiment conventionnel, les charges de toit et de plancher sont réparties entre les murs extérieurs et les murs, les colonnes et les poutres de la division centrale, à la jonction des modules. La venue du bois d'ingénierie permet désormais de créer des poutres de plancher et de faux plafond avec d'importantes portées, ce qui donne au concepteur beaucoup plus de latitude dans la disposition des divisions dans les modules.

L'utilisation de tiges filetées avec compensateur de retrait, comme le système ATS de Simpson ou le système de Earthbound, pourrait également être possible, mais contribuerait à diminuer le pourcentage de préfabrication. En effet, ce faisant, des sections de murs devraient être laissées ouvertes en usine et terminées au chantier. L'industrie de la préfabrication devra donc s'adapter et développer des systèmes d'ancrage et de résistance aux séismes et au vent pour correspondre aux normes existantes, mais aussi pour offrir une solution compétitive aux nouvelles possibilités qu'offre la construction en bois de 5 ou 6 étages. Ce développement permettra de répondre aux normes, mais aussi de ne pas nuire au pourcentage de préfabrication possible avant d'arriver au chantier.

8.5 Utilisation de bois d'ingénierie

Comme mentionné à la section précédente, la venue du bois d'ingénierie a augmenté les possibilités de la construction modulaire. Le faux plafond pourrait être remplacé par un platelage en CLT pour permettre des hauteurs libres intérieures supérieures à 8 pi 10 po, par exemple. Les concepteurs peuvent alors laisser libre cours à leur imagination tout en respectant les principes de base des transferts de charge expliqués dans ce guide. **cecobois** peut assister les professionnels dans ce volet de la conception afin de les aider à intégrer une plus grande quantité de bois dans la construction non résidentielle.

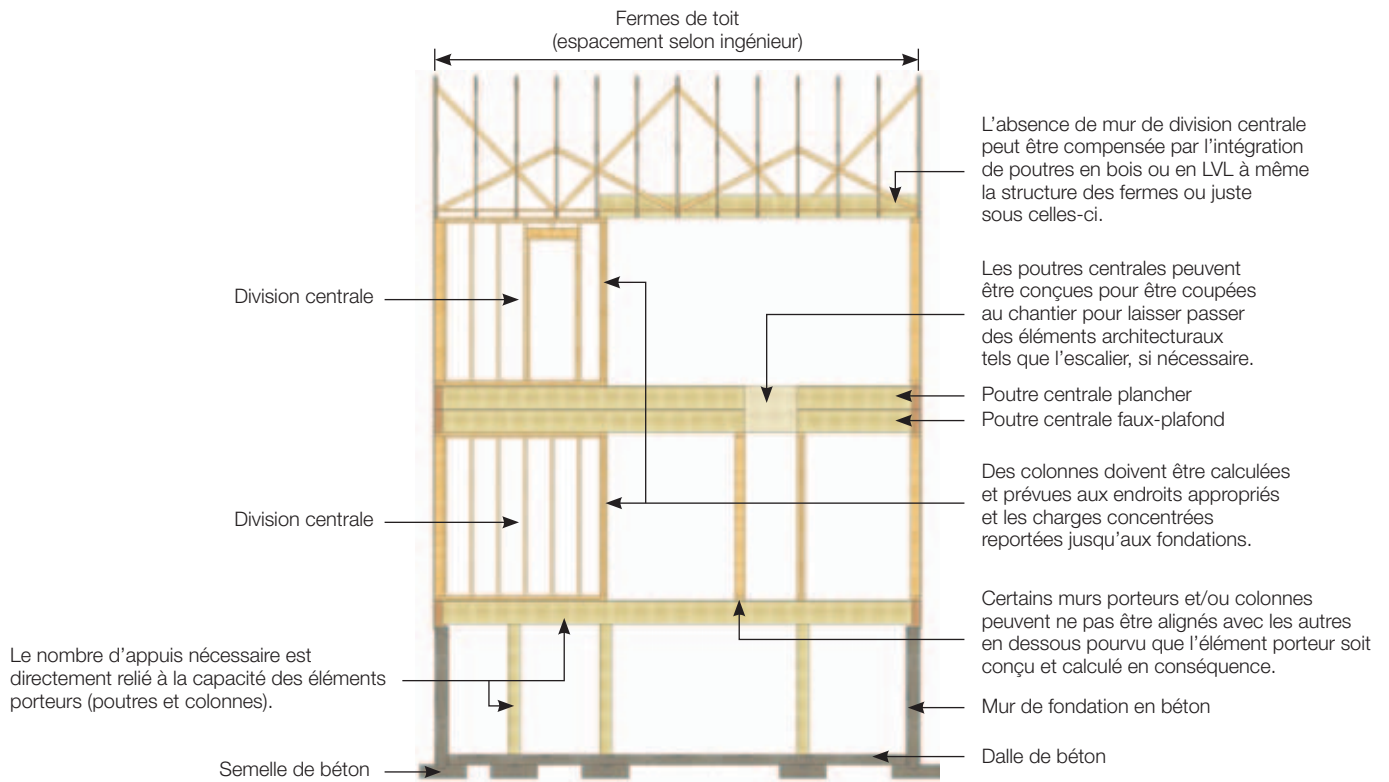


FIGURE 34 • Exemple de coupe structurale longitudinale

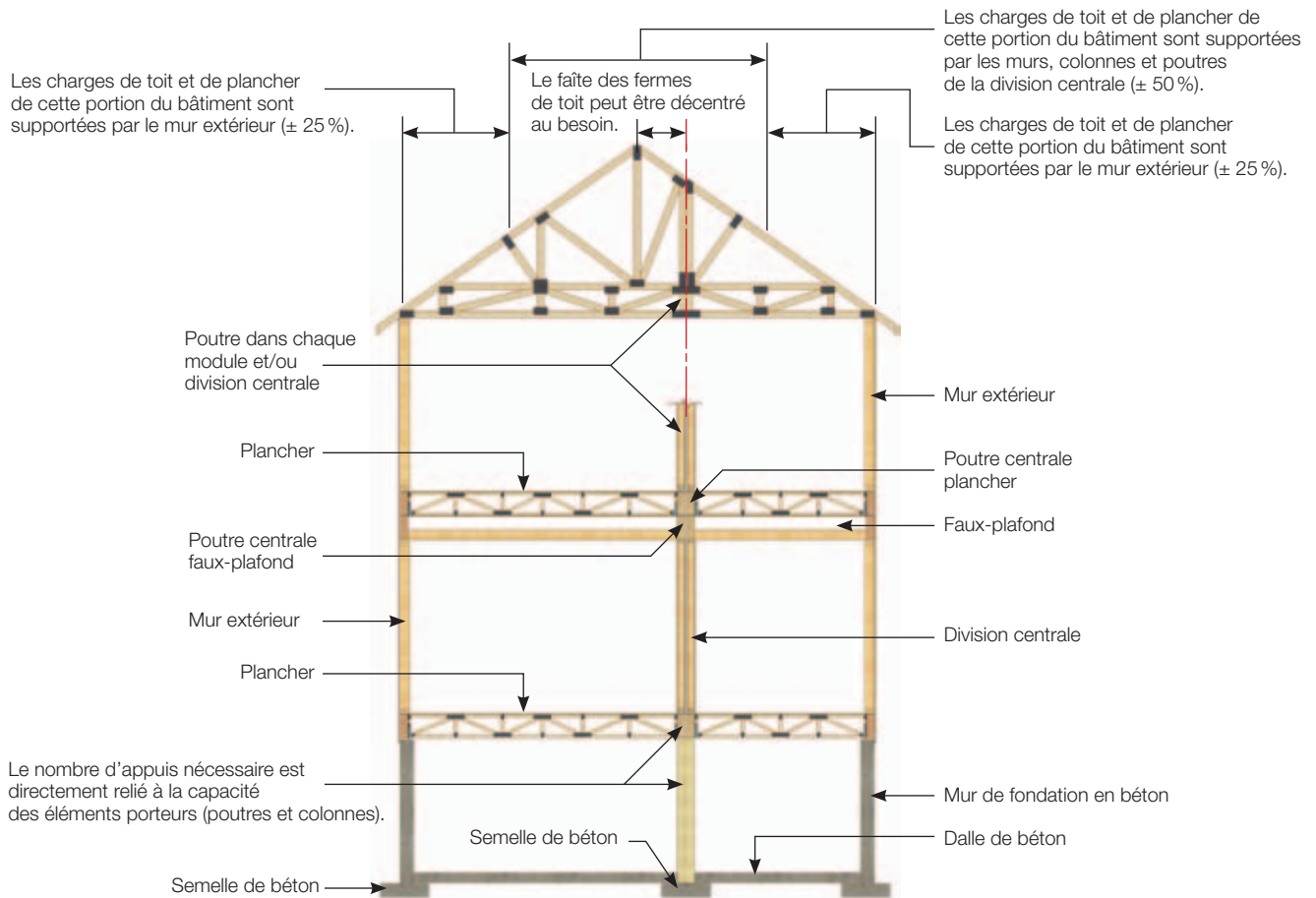


FIGURE 35 • Exemple de coupe structurale transversale

9 Mécanique du bâtiment

Il est possible d'installer en usine la plupart des composants électriques et mécaniques d'un bâtiment pour accélérer le travail en chantier. La section qui suit décrit le niveau d'avancement qui peut être réalisé en usine. De façon générale, tous les éléments qui se situent entre les poutrelles de plancher et la toiture peuvent être préparés en usine. Le raccordement intermodules et les travaux hors module seront quant à eux effectués sur le chantier par un entrepreneur spécialisé.

9.1 Électricité

Lorsque la conception le permet, il est préférable d'intégrer la salle électrique à même un des modules du bâtiment plutôt que de la faire au sous-sol, par exemple. Cette façon de faire permet d'installer en usine tous les composants de l'entrée électrique et de prévoir une distribution dans les autres sections du bâtiment par des panneaux secondaires installés dans

les modules subséquents. Il ne restera sur le chantier que le raccordement des panneaux entre eux, et le raccordement au réseau public et au système d'appoint (génératrice). Les appareils de chauffage, l'éclairage intérieur et extérieur, les systèmes d'appel d'urgence de même que les systèmes de protection incendie et d'alarme peuvent tous être préinstallés en usine et mis en service et calibrés sur le chantier.

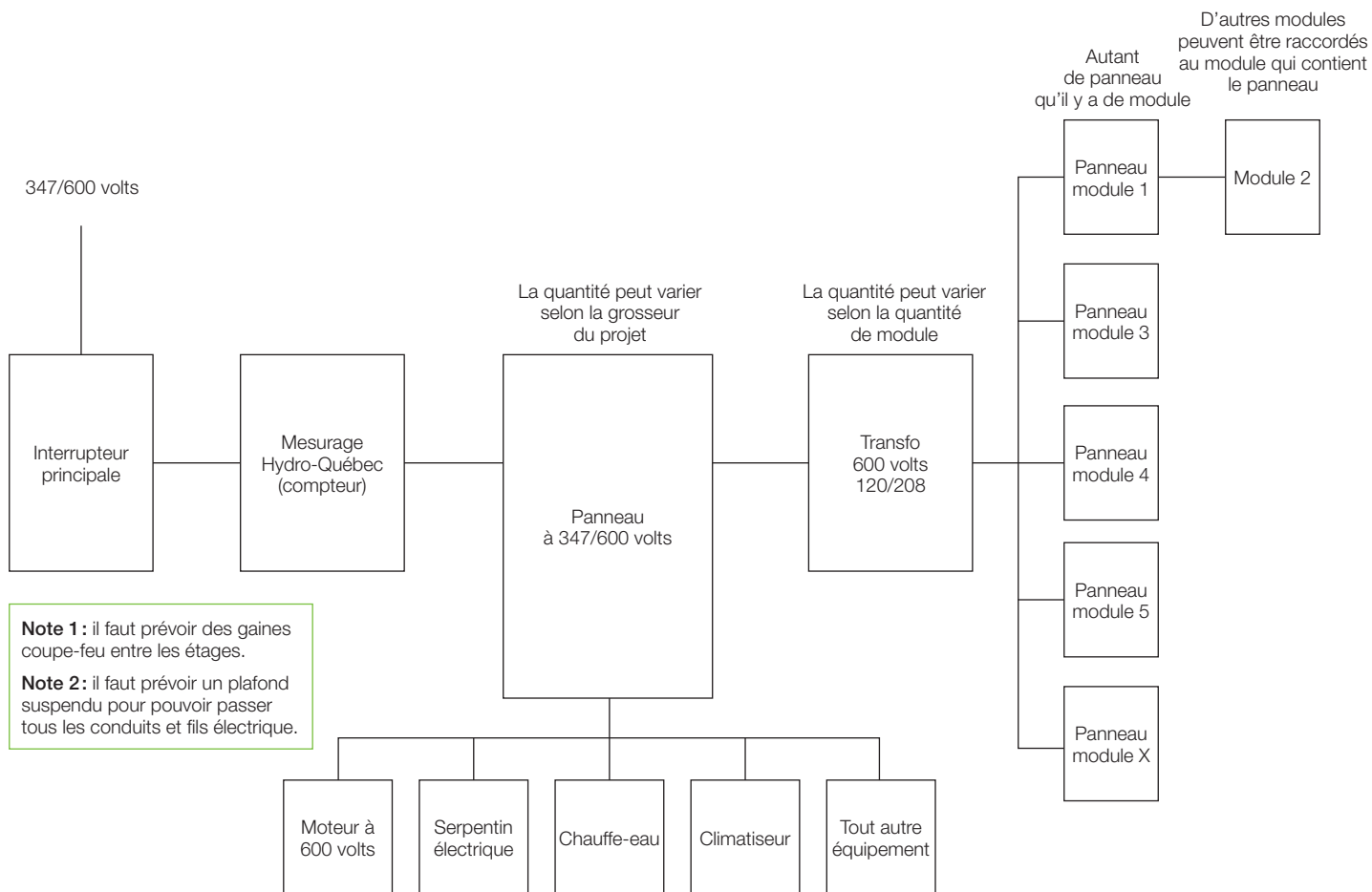


FIGURE 36 • Distribution des panneaux électriques

9.2 Plomberie

Une grande partie de la distribution de l'eau potable et de la récupération des eaux usées peut être installée en usine, de même que la pose des appareils (évier, lavabo, robinets, bain, douche, etc.). Les appareils comme les toilettes ou les bains sur podium, qui sont habituellement installés après la pose des couvre-planchers, sont mis en place une fois le revêtement de plancher terminé. Lorsque l'épaisseur de la céramique recouvrant le podium est spécifiée, les manufacturiers peuvent installer la baignoire dans le podium tout en laissant un espace d'ajustement pour la pose de la céramique. Pour tirer profit au maximum

de la préfabrication, le concepteur choisira alors un bain à rebord large pour permettre la pose de la robinetterie sur ce dernier plutôt que sur le podium, ce qui demanderait inévitablement une opération de raccordement au chantier après la pose de la céramique. Il est habituellement de la responsabilité des manufacturiers d'emballer adéquatement les appareils pour les protéger durant le chantier et le transport.

En ce qui a trait aux systèmes de gicleurs, ils peuvent aussi être installés en usine. Il ne restera que le raccordement au réseau principal à effectuer au chantier. Des tests de pression et d'étanchéité réalisés en usine peuvent aussi être demandés dans le devis par les professionnels.

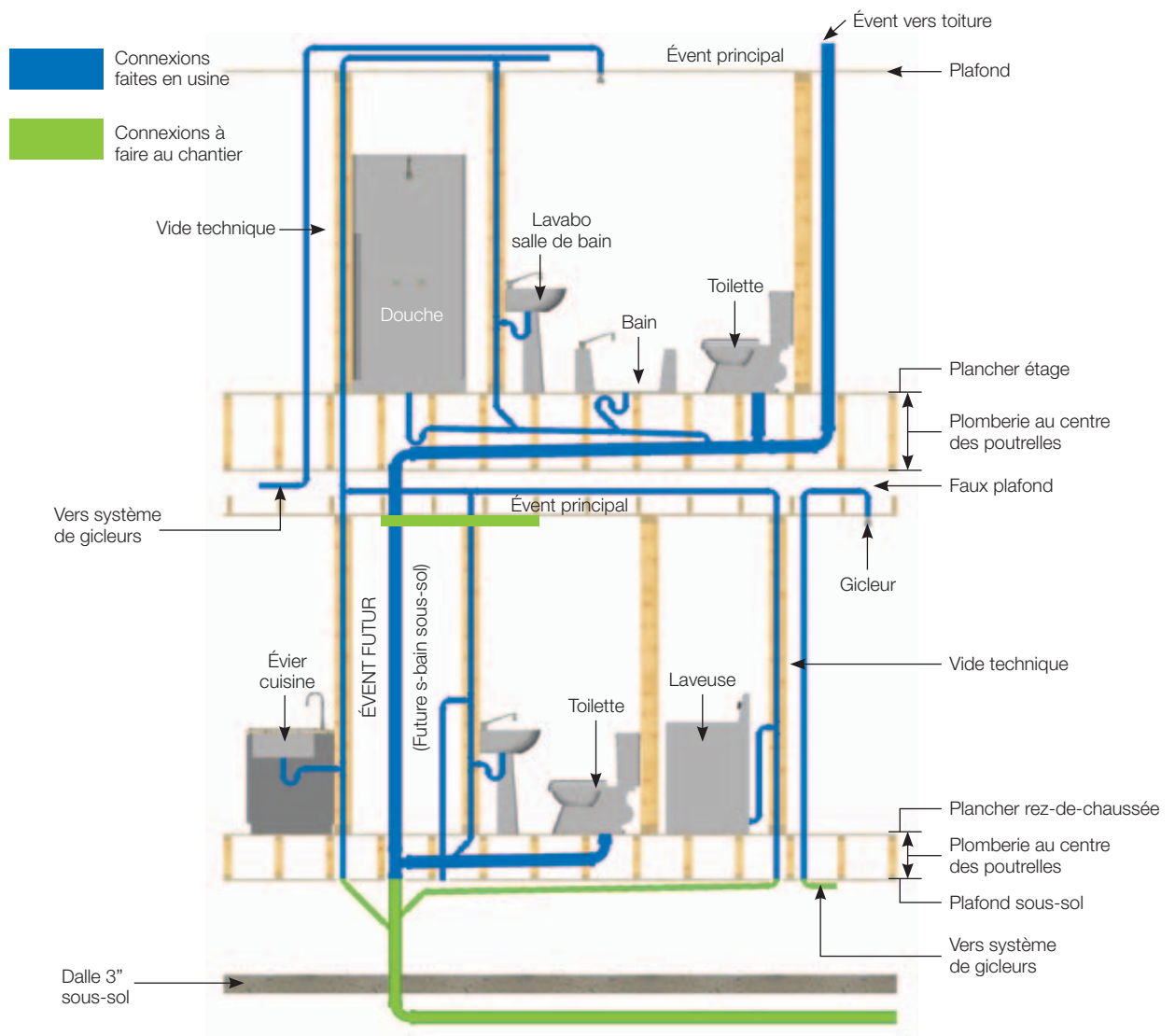


FIGURE 37 • Exemple de système de plomberie (2 étages)

9.3 Ascenseurs et monte-charge

Lorsqu'un ascenseur ou un monte-charge fait partie du bâtiment à ériger, la préparation de la cage d'ascenseur est réalisée en usine. Une fois au chantier, l'entrepreneur termine la cage d'ascenseur sur le toit pour finaliser la mécanique.

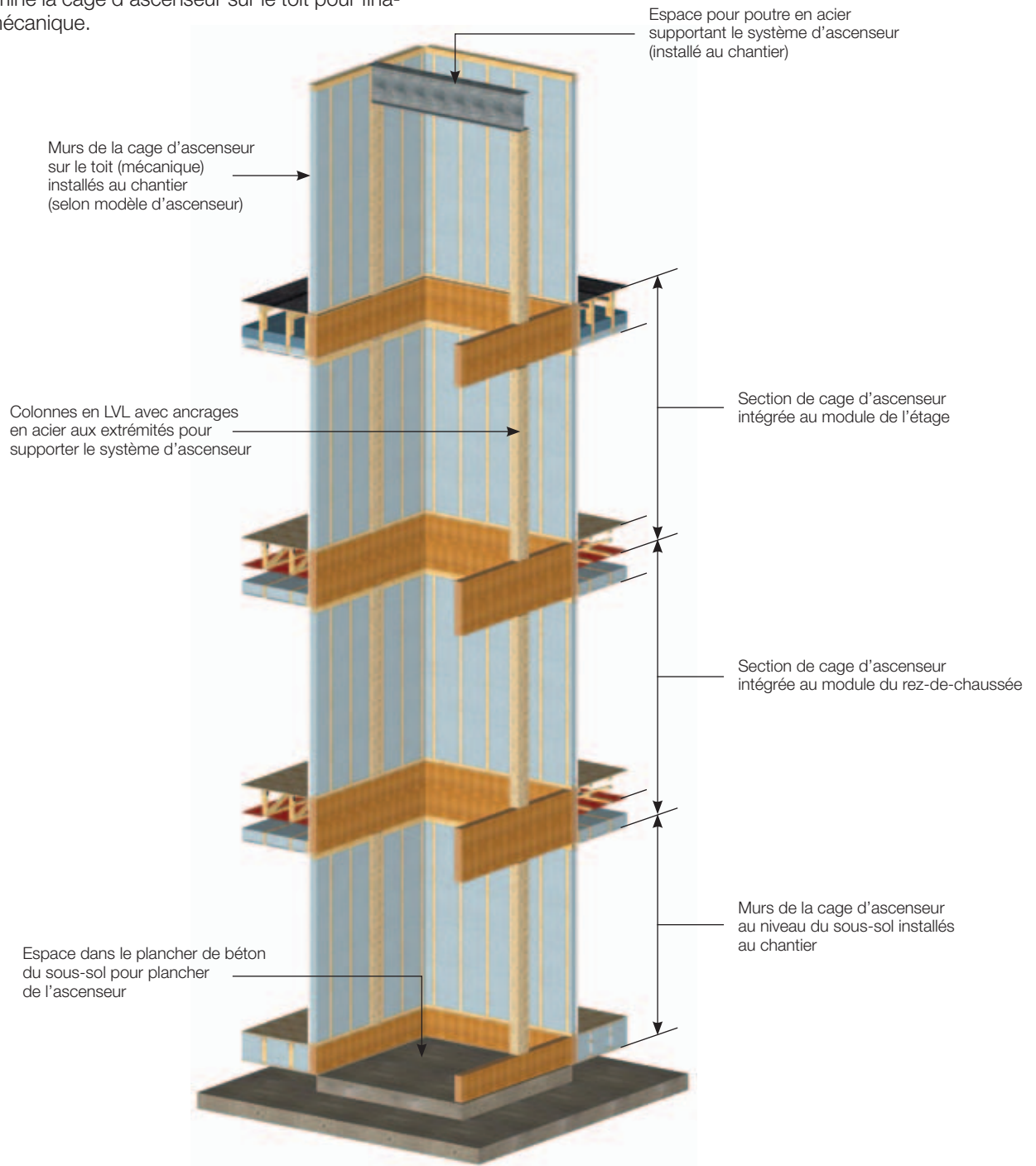


FIGURE 38 • Cage d'ascenseur modulaire



FIGURE 39 • Exemple de système de ventilation/climatisation

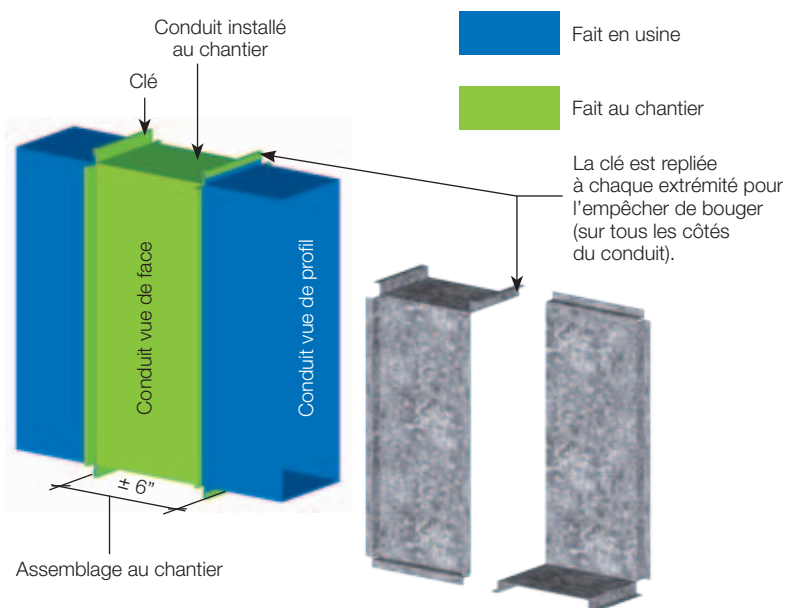


FIGURE 40 • Jonction conduit de ventilation

9.4 Ventilation / climatisation

La plupart des conduits de ventilation peuvent être installés en usine lorsque la conception du système tient compte de la répartition des modules. La **figure 39** montre que les conduits principaux sont dissimulés dans une retombée de plafond faite en usine et qui est terminée une fois les raccordements en chantier réalisés. Ces raccordements consistent principalement à installer les éléments de mécanique au toit et les jonctions intermodules (**figure 40**). Les sections de conduits peuvent alors être protégées par un film protecteur pour éviter la contamination, protection qui sera retirée sur le chantier par l'entrepreneur spécialisé lors de la jonction des conduits. L'entrepreneur procédera aussi à la mise en marche du système, à sa calibration et à l'installation des éléments de contrôle et de régulation de l'air.

9.5 Gaz

Lorsque du gaz naturel ou du gaz propane est requis pour l'opération du bâtiment, les manufacturiers de bâtiments usinés embauchent directement les sous-traitants qui viennent faire la préparation et la distribution dans les conduits appropriés. Le travail sur le chantier est alors limité au raccordement des conduits entre eux et au branchement des appareils. Dans bien des cas, lorsque la préfabrication doit être optimale, la disposition des appareils est conçue pour faire en sorte que tous les appareils sont aussi installés en usine et fixés au module, avec leur raccordement au gaz, avant leur transport sur le chantier. Cette technique permet de livrer des modules avec des équipements de restauration déjà installés en usine pour des projets de campements ou de cafétéria dans une résidence pour personnes âgées, par exemple.

9.6 Plancher chauffant

Selon le système de plancher chauffant spécifié par l'ingénieur mécanique, une partie des travaux peut être réalisée en usine. Lorsqu'un système hydraulique est incorporé à une chape de béton léger, la préparation en usine se limite au soufflage des murs pour laisser passer les tuyaux entre les pièces et ajuster les hauteurs libres une fois le béton coulé. Le système et le béton seront installés en chantier. Lorsque la trame de conception le permet, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de pièces traversant plusieurs modules, le plancher chauffant électrique avec un béton autonivelant peut alors être réalisé en usine. Lorsqu'il y a plusieurs zones de chauffage qui portent sur plusieurs modules, il pourrait être préférable de les réaliser toutes au chantier. Dans plusieurs cas, la préparation en usine se limitera à l'installation d'un conduit dans les murs afin d'y faire passer les fils électriques servant à contrôler le système de chauffage et les thermostats. Pour terminer, il faut considérer qu'afin de diminuer les coûts de transport, les modules servent aussi au chargement des matériaux qui seront installés sur le chantier. Lorsque le plancher chauffant est installé, des transports supplémentaires doivent alors être prévus pour ces autres matériaux.

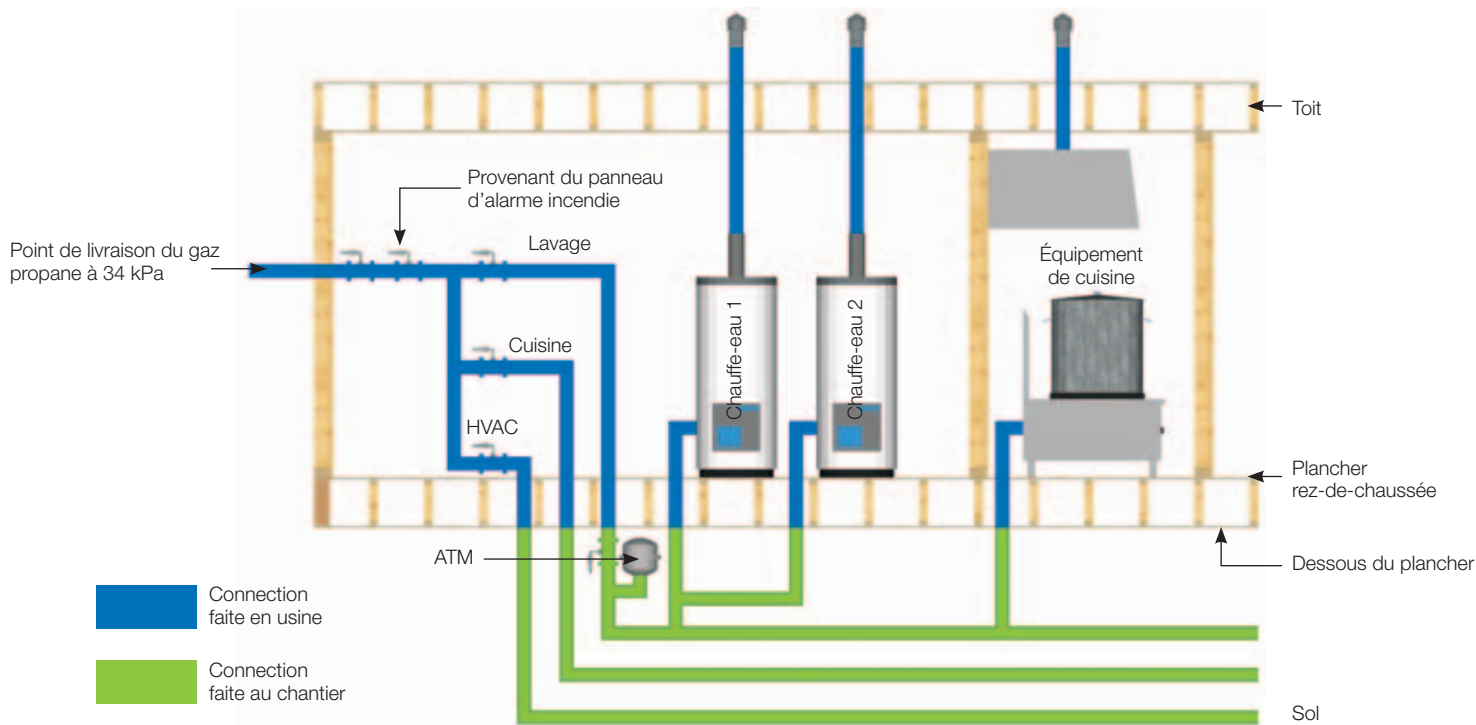


FIGURE 41 • Exemple de système de distribution du gaz propane

10 Transport

10.1 Entreposage et emballage

Une fois finis, les modules préfabriqués sont recouverts d'une pellicule rétractable qui protège les finis extérieurs contre la dégradation causée par les rayons ultra-violet et assure la propreté des modules durant le transport. Cette pellicule est recyclable. Compte tenu de la dimension des modules et de la rapidité avec laquelle l'érection du bâtiment se déroule, il est nécessaire de prévoir une aire d'entreposage des modules sur le site ou à proximité. En particulier lorsque le chantier est éloigné de l'usine de préfabrication et que les allers-retours prennent plus de temps, il est nécessaire de prévoir un espace équivalent à au moins huit à dix modules. Pendant que l'érection se déroulera, un fardier s'occupera de faire l'approche des modules du lieu d'entreposage au chantier, tandis que le restant de la flotte sera en route, à partir de l'usine vers le site de la construction. En régions éloignées, tous les modules doivent être arrivés sur place avant de commencer l'érection.



FIGURE 42 • Photo de modules emballés sur le terrain en attente d'érection

10.2 Transport routier

La façon la plus courante de transporter des modules est via le réseau routier. Régi par le Règlement sur le permis spécial de circulation, ce type de transport hors-norme comporte ses caractéristiques en plus d'être réalisé par des entreprises spécialisées dotées de fardiers hydrauliques à plancher surbaissé. Le permis de transport est accordé par la SAAQ et est la responsabilité du transporteur. Les normes décrites au règlement sont les suivantes :

- Le permis pour le transport d'un bâtiment préfabriqué, dont les dimensions à l'égard de la largeur n'excède pas :
 - o 4,30 m mesurée au corps du bâtiment plus un excédent de 10 cm réservé exclusivement aux saillies. Cependant, un permis spécifique peut être délivré si la largeur excède 4,30 m sans toutefois dépasser 5 m ;
 - o 4,60 m à la toiture d'un bâtiment entier. Cependant, un permis spécifique peut être délivré si la largeur excède 4,60 m sans toutefois dépasser 5,30 m ;
 - o 5,05 m à la toiture d'un bâtiment en sections pourvu que l'excédent de 45 cm soit situé sur le côté de l'accotement droit de la route et qu'il soit à au moins 2,10 m du sol et que l'excédent de 30 cm sur le côté gauche soit à au moins 3,65 m du sol. Cet excédent est mesuré à partir du corps du bâtiment. Cependant, un permis spécifique peut être délivré si la largeur excède 5,05 m sans toutefois dépasser 5,75 m.
La hauteur :
 - o 4,30 m ou 5 m s'il s'agit d'un permis spécifique ;
- La longueur hors tout : 30 m ;
- L'excédent arrière mesuré entre le châssis de la semi-remorque et l'extrémité arrière du bâtiment : 5 m.

Le règlement précise aussi que les modules dont la largeur excède 3,75 m (12,3 pi) doivent être précédés par un véhicule d'escorte routière. Lorsque les modules ont plus de 4,4 m, il est nécessaire d'avoir deux escortes. Il est important de comprendre que même si le règlement permet certaines dimensions, il est de mise de respecter les dimensions décrites à la section 7.1 du guide pour éviter que le transporteur doive emprunter des routes spéciales. La construction du réseau routier québécois s'est faite sur plusieurs années et les normes de hauteurs pour les fils électriques ou les viaducs, entre autres, n'ont pas toujours été celles en vigueur présentement.

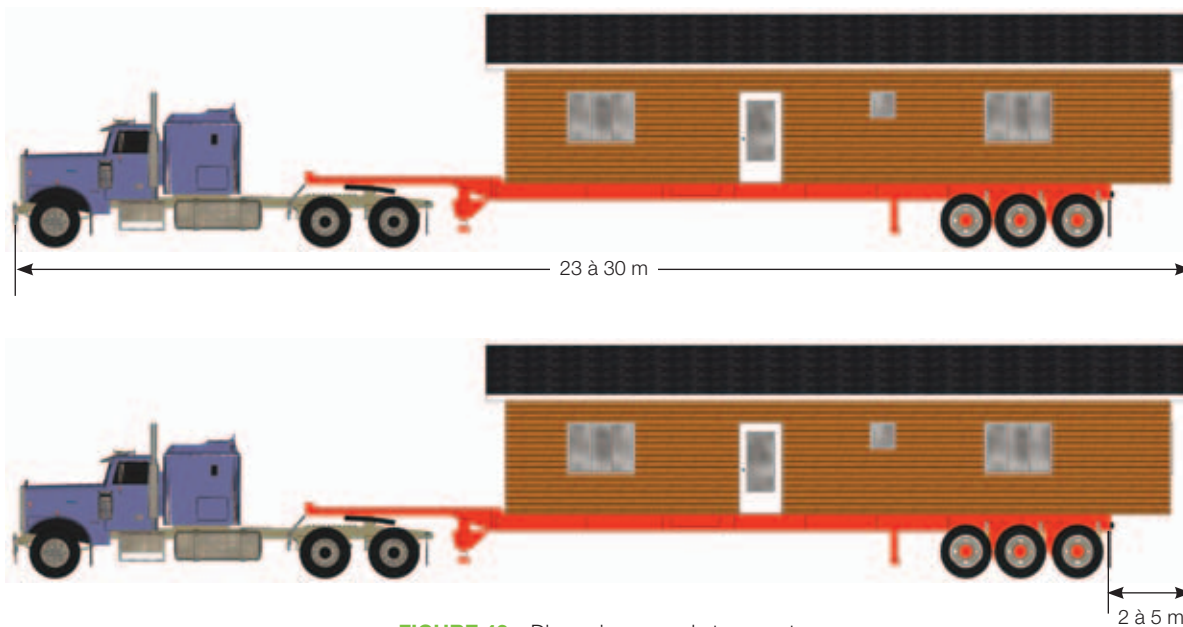
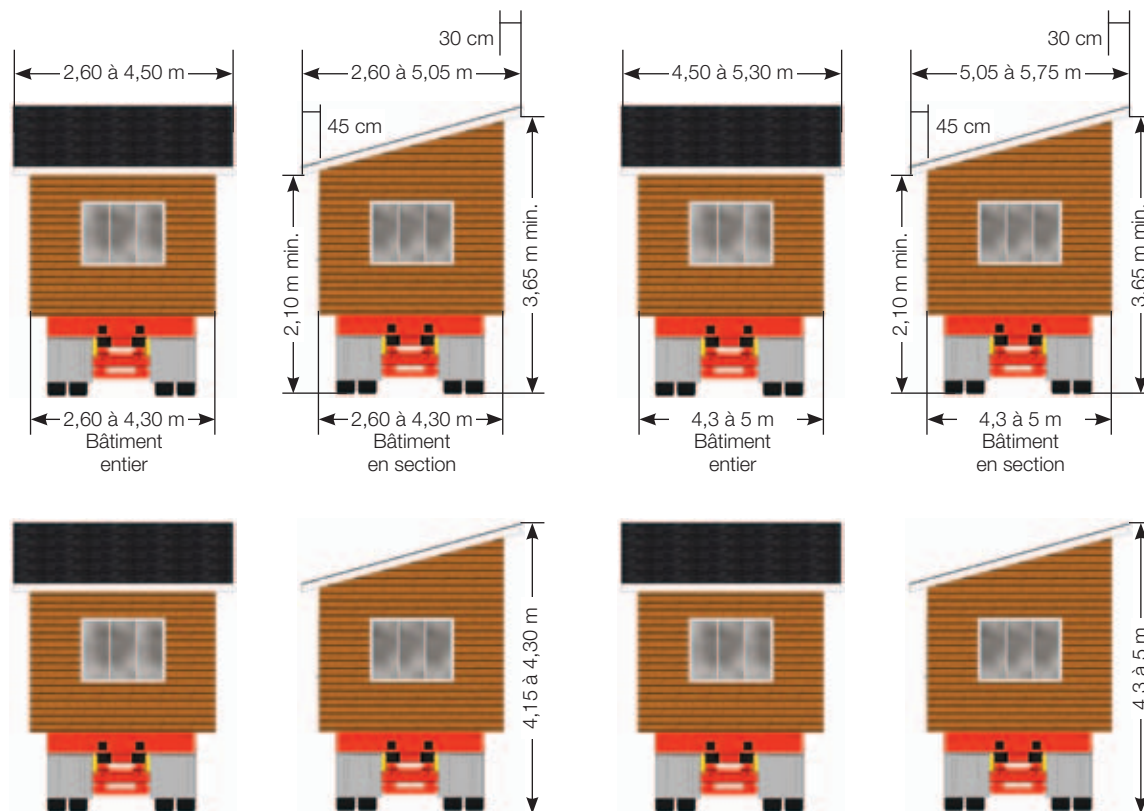


FIGURE 43 • Dimensions pour le transport

10.3 Transport maritime

Quoique rarement utilisé en dehors des livraisons dans le Nord québécois, le transport maritime est possible pour des projets modulaires. Puisque les modules ont des dimensions hors-norme et différentes des conteneurs, le concepteur qui envisage d'utiliser le transport maritime pour son projet devrait contacter au préalable le transporteur. Au Québec, deux principales compagnies sont équipées pour transporter ce genre de cargo. Il s'agit de la Nunavut Eastern Arctic Shipping (www.neas.ca) et de Desgagnés Transarctik (www.desgagnes.com). Bien qu'il n'y ait pas de règles générales sur la dimension des modules, ces compagnies pourront fournir des détails techniques et les dimensionnements qui varient selon le village de livraison. Évidemment, il ne faudra pas oublier de tenir compte du dimensionnement maximal pour le transport routier, car tout projet devra inévitablement transiter par la route avant d'arriver au port d'embarquement.



FIGURE 44 • Modules en chargement vers le bateau



FIGURE 45 • Modules sur un train

10.4 Transport ferroviaire

Le transport ferroviaire peut être une avenue intéressante lorsqu'il y a un volume minimum d'environ 40 modules. Avec un tel volume, et selon la distance, le train pourrait compétitionner avantageusement avec le transport routier. Il faut toutefois garder en tête que les frais d'arrimage et de préparation devront aussi s'ajouter, en plus du transport routier, qui amènera les modules à la gare et s'occupera de la livraison finale sur le chantier.

Étant donné que cette méthode comporte beaucoup de spécificités et dépend toujours de la route empruntée, des ponceaux et ponts à traverser, le concepteur qui envisage le transport ferroviaire pour son projet doit contacter le Bureau des gabarits pour les chargements exceptionnels du CN (<http://www.cn.ca/fr/centre-clients/directives/equipements/chargements-exceptionnels>) pour valider dès le départ les dimensions maximales et ajuster sa trame de conception (**sous-chapitre 7.2**) selon les dimensions permises. Même si les modules peuvent généralement être installés sur des wagons standards de 66 pi 6 po ou de 90 pi de long, le concepteur ne doit pas oublier que les modules devront inévitablement transiter par la route; donc, les limites de longueurs du transport routier (**sous-chapitre 10.2**) doivent aussi être respectées. De façon générale, sous réserve des restrictions de la route ferroviaire empruntée, il est préférable de conserver des largeurs de modules inférieures à 13 pi 6 po hors tout. Lorsque les modules sont plus larges, non seulement on se limite sur le nombre de routes à emprunter, mais aussi il est nécessaire d'utiliser des wagons adaptés et des frais de « train spécial » doivent être ajoutés. Le type d'arrimage varie aussi selon les dimensions et le poids des modules.



FIGURE 46 • Support d'arrimage

11 Travaux chantiers

11.1 Installation avec une grue

La grande majorité des installations de bâtiments modulaires se font à l'aide d'une grue télescopique. Chaque fabricant a sa technique d'installation, à la sangle ou avec des tiges d'acier. Celle-ci sera détaillée dans son programme de travaux d'installation et ses dessins d'atelier, qui seront approuvés par son propre ingénieur et l'ingénieur du client. Le concepteur n'a donc pas à tenir compte de ce paramètre dans ses plans. Toutefois, il incombe à l'entrepreneur général de s'assurer que le terrain permet un accès facile à la grue et au fardier transportant les modules, et qu'il a une capacité portante adéquate. Plus la grue est loin du bâtiment, plus la capacité de la grue doit être augmentée. De façon générale, une grue de 90 à 120 tonnes est suffisante.



FIGURE 47 • Installation d'un module à la grue

11.2 Installation «roulée»

Lorsque le site le permet et que le remblai au pourtour de la fondation est assez compacté pour soutenir le poids du fardier et des modules, il est possible de faire rouler les modules sur la fondation. Dans le cas de bâtiments déposés sur des blocages en bois ou des pyramides d'acier, la mise en place des modules se fait directement avec le fardier. En utilisant la force hydraulique des fardiers, les modules sont surélevés pour permettre au fardier de reculer entre les blocages. Par la suite, les modules sont abaissés pour venir s'appuyer sur les blocages. Le camion se retire alors et continue l'installation des modules subséquents. Évidemment, cette technique s'applique uniquement aux bâtiments à un seul étage.

11.3 Mise en place et jonction intermodules

Peu importe le type d'assises, d'appuis ou de supports sur lesquels sont déposés les modules, ces derniers doivent être arrimés à la fondation (voir **chapitre 8**) et entre eux. Pour ce faire, les solives de pourtour de chaque module sont boulonnées ensemble à intervalle régulier une fois les poteaux de soutien installés (**figure 48**). Les chevrons abaissés des fermes de toit sont aussi relevés et fixés au reste du bâtiment. À l'intérieur du bâtiment, des bandes de gypse sur les murs et au plafond, de même que des sous-planchers seront installés pour combler l'espace laissé libre une fois les cloisons temporaires enlevées (**figure 49**). Les sous-traitants en mécanique du bâtiment peuvent alors commencer à faire la jonction des éléments mécaniques selon les dessins d'atelier et d'assemblage du fabricant.

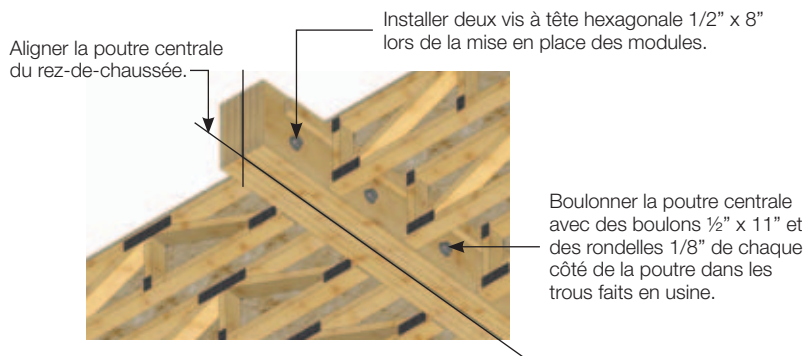


FIGURE 48 • Alignement et boulonnage de la poutre centrale du rez-de-chaussée

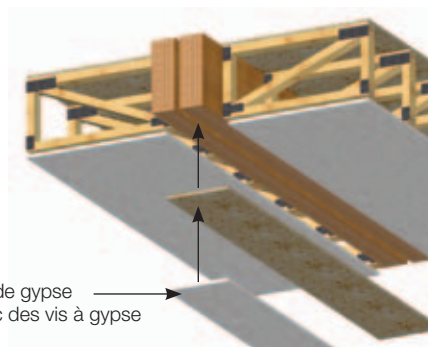


FIGURE 49 • Raccordement au plafond



FIGURE 50 • Raccordement au mur

11.4 Couvre-plancher

La possibilité pour les fabricants de bâtiments modulaires de réaliser ou non les couvre-planchers en usine varie beaucoup. En général, ces travaux sont réalisés sur le chantier après le raccordement architectural et mécanique. Toutefois, lorsque le calendrier de réalisation est serré et que le concepteur a tenu compte de la particularité de la construction modulaire, il est possible d'installer certains revêtements en usine. Lorsque c'est possible, les pièces qui ne sont pas partagées entre plusieurs modules peuvent être réalisées en usine. La jonction intermodules devant être terminée au chantier, le revêtement devra attendre cette étape, à moins que le schéma de pose du revêtement comporte plusieurs couleurs ou revêtements. Par exemple, il serait possible d'utiliser une couleur ou un motif pour le centre de la pièce et une autre couleur ou un autre motif pour la ceinturer et compléter dans le raccord intermodules (figure 52). Bien que le revêtement posé en usine sera recouvert d'une membrane de polyéthylène de construction pour le protéger pendant les travaux sur le chantier, le concepteur devra veiller à sélectionner un matériau résistant aux travaux, comme les tuiles de vinyle ou le revêtement de linoléum de grade commercial. La céramique peut aussi être envisagée. Généralement, le coulis sera quant à lui réalisé sur le chantier.

Finalement, il faut considérer que les modules servent aussi au chargement des matériaux qui seront installés sur le chantier pour diminuer les coûts de transport. Lorsque le couvre-plancher est installé en usine, il n'est plus possible de faire le chargement et des transports supplémentaires doivent être ajoutés au budget.

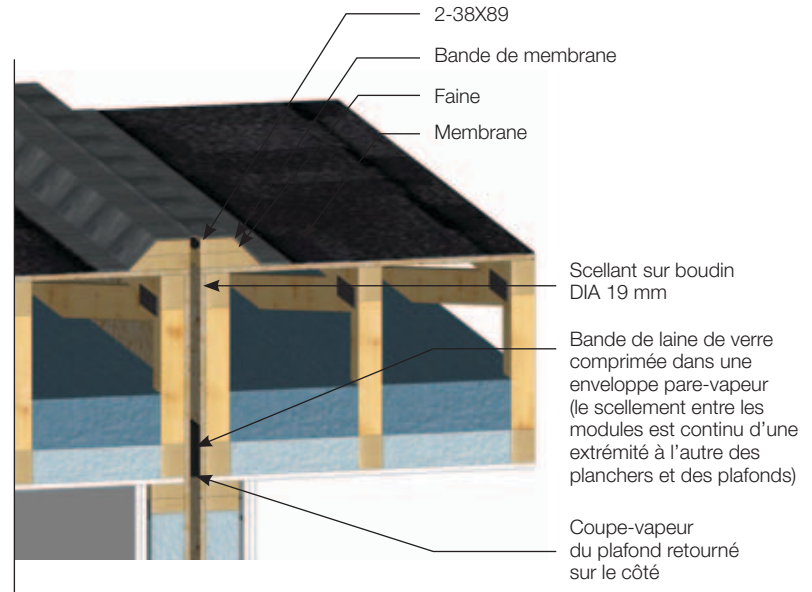
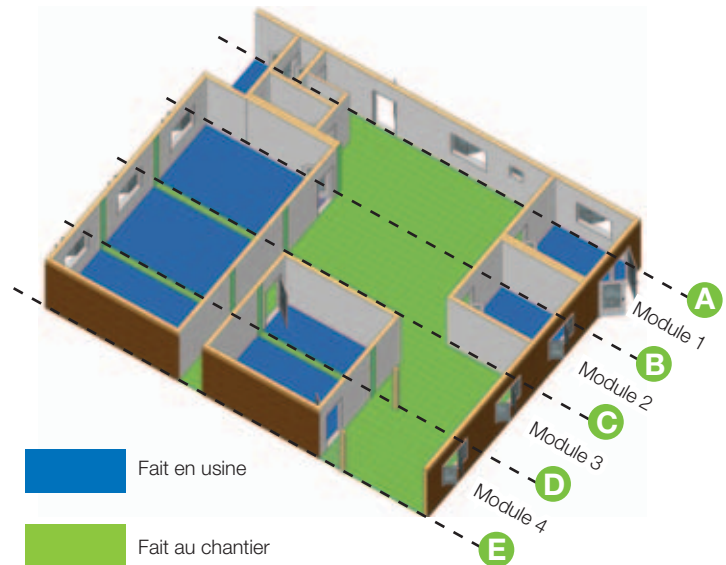


FIGURE 51 • Dessin de raccordement de toiture



Seule la finition entre le module est à faire au chantier :

- Pour certains projets, une moulure de bois doit être installée au mur et au plafond pour faciliter le démantèlement futur ;
- Le revêtement de plancher peut être installé en usine en partie ou en totalité selon les exigences indiquées au devis ;
- Une bande de gypse peut être installée au chantier à la jonction des modules au niveau des murs et du plafond.

FIGURE 52 • Pose de plancher

11.5 Plâtre et peinture

En général, les travaux de plâtrage et de peinture sont réalisés sur le chantier. Toutefois, il arrive que les devis de construction précisent que ces travaux doivent être réalisés en usine afin de réduire la durée des travaux sur le chantier. Bien que certaines fissures puissent apparaître aux coins des portes et fenêtres, ces travaux résistent bien au transport. Une fois au chantier, il faut toutefois prévoir des retouches en plus du plâtrage des jonctions intermodules. Pour cette raison, et lorsque le calendrier de construction le permet, les entrepreneurs généraux préfèrent donner à forfait à un sous-traitant sur place la totalité du plâtrage et de la peinture.

11.6 Revêtement extérieur

Le revêtement extérieur de fibrociment, de bois, de fibre de bois, de vinyle, de parement d'acier, de panneaux composites ou d'aluminium peut être commencé en usine pour être terminé au chantier. La maçonnerie quant à elle est toujours réalisée sur le chantier. Lorsque le concepteur veut tirer profit au maximum de la préfabrication, il peut concevoir un revêtement extérieur qui tient compte de cet avantage manufacturier. Pour ce faire, il privilégiera une pose verticale lorsque possible afin qu'il ne reste que les jonctions à terminer avec une planche ou une moulure. L'utilisation d'extrusions ou de moulures de jonction peut aussi permettre d'optimiser la pose en usine et de limiter la nécessité de faire chevaucher des revêtements. Il faut simplement tenir compte de l'épaisseur des planchers et des faux plafonds dans les agencements de revêtement extérieur.

La préparation des murs rideaux pourrait aussi être envisagée avec un système sur structure de bois telle que celle proposée par Conservation Technology de Baltimore.

http://www.conservationtechnology.com/building_timber.html

12 Plans et devis pour la construction préfabriquée

La présence des manufacturiers de bâtiments préfabriqués dans les appels d'offres publics est principalement liée à deux facteurs importants :

- o le potentiel de préfabrication : à savoir si le bâtiment conçu pour une construction sur place pourrait s'adapter facilement sans changer le programme de construction des concepteurs ;
- o le degré d'ouverture des concepteurs et donneurs d'ordre à la préfabrication.

La préparation des plans et devis revêt alors une importance capitale dans l'ouverture au préfabriqué modulaire. Si les plans sont conçus selon une trame qui s'apparente aux dimensions requises pour convertir les espaces en modules, il y aura déjà un premier pas de fait. Pour tirer profit des avantages de la préfabrication, il est nécessaire que les devis comportent une mention indiquant que le donneur d'ordre et le concepteur sont ouverts à l'utilisation de systèmes constructifs préfabriqués, en panneaux ou en modules, et que sur approbation de dessins d'ateliers conformes aux exigences de base, l'entrepreneur général est libre d'utiliser la méthode de construction qu'il souhaite.

12.1 Bureau des soumissions déposées du québec

La présence de la clause d'ouverture au préfabriqué pourrait aussi trouver écho dans le processus de dépôt des soumissions au BSDQ. En effet, les règles régissant la préparation et le dépôt des soumissions s'appuient en grande partie sur l'interprétation des plans et devis. Par exemple, un entrepreneur général qui décide de privilégier la préfabrication modulaire ne pourrait pas négocier avec le plus bas soumissionnaire spécialisé en plomberie, qui a soumis un prix d'origine de 300 000\$, pour exclure de sa soumission les travaux qui seront finalement réalisés en usine et négocier un prix pour le raccordement et la finition au chantier de 50 000\$, à moins qu'une clause le spécifie dans les devis. Si l'étendue des travaux de raccordement et de finition à réaliser au chantier est décrite dans les devis, ces derniers pourraient inclure une clause incitant les entrepreneurs spécialisés à soumettre deux prix dans deux enveloppes séparées, soit une pour l'ensemble des travaux si réalisés au chantier et une autre pour les travaux de raccordement. Les entrepreneurs soumissionnaires pourraient décider s'ils souhaitent soumettre un prix pour les deux volets ou pour un seul. Le choix de la méthode sera alors décrété par l'entrepreneur général en conformité avec les règles d'application du BSDQ.

13 Rôles et responsabilités du fabricant, de l'entrepreneur général, du donneur d'ordre, des professionnels

13.1 Dessins d'atelier du fabricant

La construction modulaire nécessite toutefois une plus grande période de préparation, souvent appelée mise en production, que la construction traditionnelle. En effet, un chantier traditionnel pourra débuter avec les plans d'architecture et de structure et les professionnels auront le loisir d'ajuster avec des directives de chantiers ou des addendas au fur et à mesure que le chantier avance. En construction modulaire, les fabricants réalisent des dessins d'atelier qui divisent le bâtiment total en modules séparés pour tenir compte du fait que tous les corps de métiers travailleront en même temps. Cette étape est nécessaire pour prévenir les éventuels problèmes d'assemblage ou de compatibilité. Les concepteurs doivent alors prévoir des disponibilités et les ajouter à leur échéancier de projet pour répondre aux questions du manufacturier et ajuster leurs directives selon cette méthode de préfabrication si nécessaire. Une fois que les dessins d'atelier et les fiches techniques seront approuvés par les professionnels, les travaux en usine pourront débuter.

13.2 Matériaux fournis pour terminer les travaux débutés en usine

Afin de s'assurer que les finis sont uniformes, le fabricant de structures modulaires doit fournir à l'entrepreneur général tous les matériaux nécessaires pour terminer au chantier la pose débutée à l'usine. Par exemple, le revêtement extérieur ou de plancher devrait être fourni par le manufacturier s'il commence la pose en usine ; sinon, le devis ou une entente entre le manufacturier et l'entrepreneur général devrait préciser qui fournit le matériel.

13.3 Inspection en usine par les professionnels

Les professionnels affectés à la surveillance des travaux sont invités à suivre la fabrication en usine. De concert avec l'équipe de contrôle de qualité du fabricant, ils pourront insister sur des éléments précis d'assemblage et surveiller, module par module, l'application des plans et devis. La spécialisation de la main-d'œuvre facilite aussi la mise en place de directives de chantiers particulières, car ce sont toujours les mêmes employés qui effectuent les mêmes tâches. Des tests plus précis peuvent aussi être demandés et réalisés en collaboration avec les manufacturiers. Une fois sur le chantier, les inspections pourront se poursuivre pour s'assurer d'un assemblage conforme non seulement au plan des travaux fourni par le manufacturier, mais aussi aux exigences du Code du bâtiment.

13.4 Tel que construit

Lorsque requis, les manufacturiers sont en mesure de fournir des plans « Tel que construit » qui correspondent à la réalité de ce qui a été réalisé en usine et des ajustements proposés et approuvés par les professionnels au moment de la mise en production et des dessins d'atelier.



Natural Resources
Canada



Dépôt légal Bibliothèque nationale du Québec
Dépôt légal Bibliothèque nationale du Canada

Décembre 2013

cecobois

Centre d'expertise
sur la construction
commerciale en bois

www.cecobois.com