

Système standardisé pour la production de maisons usinées :

Phase 2- Description de l'intégration technologique des entreprises visitées

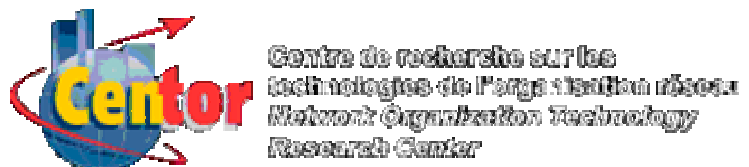
Marc Lapointe,
Robert Beauregard,
Katerina Beck
et
Alexander Salenikovich

Juillet 2004

Rapport V2W-UL5-2004-02

Chaire industrielle sur les bois d'ingénierie structuraux et d'apparence (CIBISA),
Consortium de recherche sur les affaires électroniques dans l'industrie des produits forestiers
(FOR@C),
Université Laval, Québec, Canada

© Cibisa, For@c



Système standardisé pour la production de maisons usinées* :
Phase 2- Description de l'intégration technologique des entreprises
visitées

Marc Lapointe¹, Robert Beauregard¹, Katherina Beck² et Alexander Salenikovich²

*** Ce projet de recherche est principalement financé par le programme Valeur au bois du Service Canadien des forêts du Ministère des Ressources Naturelles du Canada et inclut, en plus des auteurs, Sophie D'Amours¹ comme membre de l'équipe de recherche.**

⁽¹⁾Université Laval, CIBISA, Consortium de recherche FOR@C, CENTOR et CRB

⁽²⁾Université Laval, CIBISA et CRB

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	3
2. Observations sur l'intégration des technologies.....	5
a) La vente	5
b) La conception et la production	7
c) La planification et le contrôle.....	10
3. Conclusion.....	11
4. Bibliographie	12
Annexe I - Overview of the Software used by the Manufactured Housing Industry	13
I- 1. Introduction	13
I- 2. Software.....	14
a) Sales and marketing.....	14
b) Cost and delivery date estimation of customer designs.....	14
c) Detailed architectural plans	15
d) Whole house structural design and building code compliance issues.....	16
e) Design of foundations.....	17
f) Floor framing.....	17
g) Wall systems.....	19
h) Roofing	21
i) Detailed workshop plans	21
j) Project and production planning.....	22
k) Providing cutting lists and bills of materials	23
l) Driving CNC equipment.....	23
m) Transport Logistics	23
n) Information transfer	24
I- 3. Conclusion.....	24
a) Software function per profile.....	26
o) Contacts	29

1. Introduction

Des entrevues en profondeur ont été menées auprès de 13 entreprises pour identifier les pratiques actuelles de conception des industries de la maison usinée et tracer le portrait de l'intégration des fonctions de conception avec les autres fonctions de l'entreprise, en terme de l'utilisation de logiciels. Une entreprise, après avoir accepté de participer à l'entrevue, nous a signifié qu'elle préférerait ne pas être incluse dans l'étude. De façon à valider le caractère général des observations dans les entreprises visitées, nous avons procédé, avec un succès limité, à un sondage par courrier électronique auprès de 20 entreprises. Deux entreprises ont retourné le sondage envoyé par courrier électronique. Le Tableau 1 présente la liste des entreprises ayant participé à l'étude, par clientèle et par type de produit fabriqué. L'analyse de l'intégration technologique des compagnies ne considérera pour chaque entreprise que les activités principales et le type de clientèle desservie.

Compagnie Entrevue en profondeur	Clientèle desservie	Activité Principale
<i>A</i>	Constructeurs	Maison en panneaux
<i>B</i>	Constructeurs	Maison en panneaux
<i>C</i>	Constructeurs	Maison en panneaux
<i>D</i>	Constructeurs	Composants (murs)
<i>E</i>	Fabricants	Composants (fermes de toit, poutrelles de plancher et plaques métalliques)
<i>F</i>	Fabricants	Composants (fermes de toit, poutrelles de plancher et plaques métalliques)
<i>G</i>	Consommateurs	Maison modulaire
<i>H</i>	Consommateurs	Maison modulaire
<i>I</i>	Consommateurs	Maison modulaire
<i>J</i>	Consommateurs	Maison en panneaux
<i>K</i>	Consommateurs	Maison en panneaux
<i>L</i>	Consommateurs	Maison en panneaux
Questionnaire par Internet		
<i>M</i>	Consommateurs	Maison en panneaux
<i>N</i>	Consommateurs	Maison en panneaux

Tableau 1 : Liste des compagnies participantes (l'anonymat était une condition demandée par les participant)

L'analyse du potentiel des technologies en fabrication prend en considération les interfaces des logiciels avec les procédés de production selon quelles contribuent de façon directe ou indirecte aux processus manufacturiers. En combinant cette distinction des interfaces à deux niveaux d'application,

niveau entreprise et niveau opération, on obtient la matrice suivante de l'ensemble des applications technologiques en contexte manufacturier (Figure 1).

	Application indirecte	Application directe
Niveau Entreprise	Modèles de planification macro	Entreposage assisté par ordinateur
	Systèmes comptables	Contrôle numérique direct
	Systèmes de gestion de la production	Systèmes manufacturiers flexibles (SMF)
	Conception assistée par ordinateur (CAO)	Systèmes automatiques de stockage et de retrait (SASR)
Niveau Opération	Planification des processus assistée par ordinateur (PPAO)	Tests assistés par ordinateur
	Évaluation des travaux assistée par ordinateur	Contrôle numérique par ordinateur (CNC)
	Programmation des contrôles numériques assistée par ordinateur	Machines d'assemblage automatisées par ordinateur
		Robots

Figure 1 : Matrice du rôle des technologies en fabrication (tiré de Browne *et al.*, 1988)

En blanc, les systèmes d'information de gestion (SIG)

En gris, la fabrication assistée par ordinateur (FAO).

Chaque élément de ce cadre définit grosso modo un niveau d'intégration des applications logicielles ayant généralement cours en milieu manufacturier. La zone en blanc fait appel aux systèmes d'information de gestion (SIG), alors que l'ingénierie des produits et des processus de fabrication assistée par ordinateur (FAO) couvre les applications en gris. L'exception à cette délimitation serait l'application de la CAO qui se retrouve dans les deux zones.

Le défi d'intégration des technologies implique toutes ces applications. Il est plus vaste que l'intégration CAO/FAO, celle-ci étant souvent proposée comme finalité de l'intégration mais se limitant à un point de vue d'ingénierie. L'intégration des technologies doit considérer que chaque niveau d'intégration est constitué en îlots d'automatisation i.e. que les mêmes données partagées par plusieurs systèmes doivent être réécrites sur chaque système. Ces îlots d'application sont autonomes

et on y développe des fonctionnalités qui en viennent à chevaucher les applications des autres flots mais négligent la plupart du temps les besoins d'interopérabilité.

2. Observations sur l'intégration des technologies

Pour les fins du présent rapport, les fonctions de l'entreprise et les outils logiciels investigués ont été regroupés sous trois grandes catégories soient la vente ; la conception et la production ; et la planification. Les prochaines sections présentent un portrait de la situation actuelle de l'utilisation des logiciels pour l'accomplissement de ces grandes fonctions, en faisant ressortir certains enjeux d'intégration. La présentation plus détaillée de l'utilisation de logiciels spécifiques et la description de leur contexte d'utilisation fait l'objet de l'Annexe 2, où sont décrits en plus grands détails les logiciels précis disponibles et utilisés dans l'industrie canadienne de la construction préfabriquée.

a) La vente

Pour la vente aux consommateurs, les fabricants offrent un catalogue de produits disponibles sur papier ou sur support électronique à partir duquel le client fait la conception de sa maison en indiquant ses choix parmi les diverses options et composants disponibles. Deux fabricants de maisons modulaires utilisaient un logiciel de dessin pour préciser les conceptions du client. Un seul de ces fabricants transfère l'esquisse en fichier électronique utilisé, en aval, à l'étape de la conception technique. D'autre part, les fabricants de maison en panneaux qui vendent aux constructeurs obtiennent la commande du client de façon très variable, à partir de vagues esquisses sur une serviette de table jusqu'à un plan complet d'architecture.

Tout représentant des ventes doit interpréter les plans du client pour estimer la valeur et les délais de livraison des composantes à inclure à la soumission. La rapidité de l'estimation est un facteur de vente important pour l'ensemble des manufacturiers consultés. La plupart utilisent un outil d'estimation développé à l'interne et supporté par un chiffrier tel que Lotus ou Excel. Deux fabricants de maisons ont mentionné la mise en réseau Internet de leur programme d'estimation, ce qui permet de simplifier la diffusion des mises à jour. Ces systèmes font des estimés à partir de données mises à jour à chaque semaine. Cette mise à jour prend en compte les variations de prix des matériaux et des services offerts, ainsi que la variation de la disponibilité de mise en production. La mise à jour est

sous la responsabilité du personnel cadre de l'usine qui doit générer les plans de production, en faire le suivi et s'assurer de l'entrée manuelle des données.

Plusieurs logiciels de conception (dessin et ingénierie) pour les composantes de maisons usinées ont des modules de calcul du prix de revient. Un seul des fabricants de maisons en panneaux sondés utilise les modules de calcul du prix de revient des logiciels d'ingénierie pour l'estimation du prix de ses commandes. La raison principale évoquée pour la faible utilisation de ces modules est la quantité élevée de changements de prix des produits du bois, des modifications fréquentes des spécifications techniques et autres données sur les produits en bois d'ingénierie structuraux. L'accès aux bases de données contenues dans les logiciels d'ingénierie est limité étant donné qu'il s'agit de solutions propriétaires constituées en système fermé. La mise à jour des données sur les matériaux est donc réservée au fournisseur. L'absence de contrôle des fabricants sur de telles mises à jour les empêche d'assurer une liaison avec les autres applications utilisant les données de matériaux. Ceci constitue un cas caractéristique de la difficulté d'intégration entre des îlots d'automatisation. Pour le secteur des maisons préfabriquées, cette difficulté apparaît fréquemment dans toute fonction utilisant les données sur les matériaux.

Pour les commandes complexes, une validation du service technique est nécessaire durant le processus de vente et est à l'origine de multiples itérations entre le service de vente et le client. Toutes les compagnies utilisent dans ce contexte le transfert de données à l'interne par voie électronique, mais une large part de leurs échanges demeure sur papier surtout en ce qui concerne les plans techniques. Les conventions de dessin utilisées sont peu standardisées et elles suivent les pratiques et méthodes internes de chaque entreprise. Ceci explique en partie que les entreprises préfèrent reprendre l'entrée d'un plan provenant de source externe pour s'assurer de capter tous les détails à couvrir pour le lancement en production. Les fabricants de maisons qui ont un réseau de distribution plus imposant régularisent ces échanges par différentes méthodes pour intégrer les modifications aux plans et soumissions de façon plus directe et permettant d'utiliser plus d'échanges électroniques.

b) La conception et la production

Le système de production des fabricants de maison nécessite une grande flexibilité d'opération pour assurer la personnalisation du produit aux goûts du client, mais ne permet pas d'atteindre une production de masse à moins d'atteindre un certain niveau d'intégration CAO/FAO. Comme l'implantation de ce système est coûteuse, elle suppose un certain volume de vente. Seuls les fabricants de maisons ayant un volume annuel estimé supérieur à 500 unités opéraient un système automatisé (intégrant CAO/FAO) pour les fermes de toits. Un seul des fabricants sondés opérait un système automatisé pour les murs. Pour le reste des fabricants, le système de production traite de façon largement manuelle la production des composants d'une maison. Les poutrelles de planchers quant à elles sont fréquemment fabriquées par de grandes entreprises forestières sur la base d'une production à plus grande échelle et souvent plus automatisée. Il existe à ce niveau une grande variété de systèmes de conception de l'ensemble du système de plancher et on a vu dans certains cas que des entreprises fournissaient la solution de plancher complète, incluant l'ingénierie, alors que d'autres ne fournissaient que les composantes et l'ingénierie et l'intégration des composantes étaient réalisées par le fabricant de maisons.

Méthot (2004) propose quatre devis d'aménagement pour la fabrication de murs préfabriqués fermés. L'étude fait état de scénarios d'automatisation en relation avec le point mort d'opération couvrant les frais fixes et les coûts variables. Ces devis vont d'un scénario très manuel et peu productif à un scénario hautement automatisé et très productif (Tableau 2). Cette étude confirme que pour la fabrication de murs, le seuil de production justifiant de faire le pas vers l'automatisation se situe un peu au-delà de 500 unités. Aucune étude n'a pu être relevée quant aux devis et au niveau de production nécessaires pour l'utilisation des systèmes CAO/FAO en fabrication de fermes de toit.

Scénario d'automatisation	Nombre d'employés	Nombre d'unités	Pieds linéaires de murs/jour	Nombre d'heures Point mort	Revenus Point mort	Vente / unité Point mort
Actuel (manuel)	19	257	346	39 520	1 564 840 \$	6 089 \$
Actuel (amélioré)	19	374	504	39 520	1 644 719 \$	4 398 \$
Automatisation modérée	21	738	994	43 680	1 875 108 \$	2 541 \$
Automatisation élevée	22	984	1 325	45 760	2 142 121 \$	2 177 \$

Tableau 2 : Analyse du point mort d'opération (adapté de Méthot 2004)

Les logiciels d'ingénierie des fermes de toits ont atteint un niveau important d'intégration CAO/FAO du dessin jusqu'à l'assemblage. L'ingénierie des fermes de toit par ce système part du dessin d'un profil et des pentes d'où un toit est structuré automatiquement en fonction de paramètres de fabrication et des normes de design de charpente. Puis, après validation technique, une liste de matériaux est générée dont le débitage secondaire est optimisé puis transmis à une scie automatisée. De la scie les pièces en dimensions précises sont acheminées en lots numérotés jusqu'aux tables d'assemblage sur lesquelles un laser projette les profils, les numéros et les emplacements des pièces à assembler. Parmi les éléments de validation technique, figure la prise en compte des codes et normes de construction dans la juridiction où sera érigé le bâtiment. On observe la même tendance vers l'automatisation, quoique de façon généralement moins avancée, pour la fabrication des murs.

Ces applications CAO/FAO constituent le niveau d'intégration technologique le plus élevé dans nos observations. Elles n'offrent qu'une perspective d'ingénierie limitée de l'intégration des technologies (Figure 2), qui ne comporte pas tous les éléments du défi d'intégration suggéré précédemment (Figure 1).

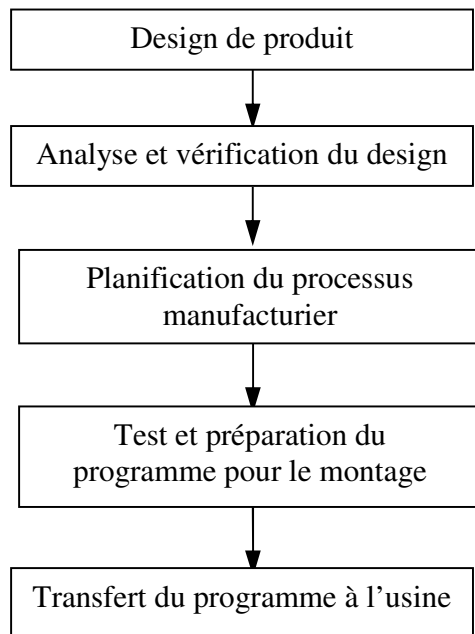


Figure 2 : La perspective de l'ingénierie pour l'intégration (tiré de Browne *et al.* 1988)

Tous les fabricants utilisent les logiciels propriétaires de leurs fournisseurs de poutrelles et de connecteurs métalliques pour les calculs d'ingénierie des planchers et des toits. Les données produites par CAO pour la conception des sous-systèmes structuraux, font le lien entre la géométrie des formes à réaliser, l'analyse structurale et la définition des éléments constitutifs pour fins de fabrication. Ce type de lien est complexe à modéliser et coûteux à développer. Ces logiciels, qu'ils soient la propriété de fournisseurs de connecteurs métalliques, de fournisseurs d'équipements automatisés, de fabricants de constructions usinées ou de concepteurs de logiciels comme tels, sont un élément stratégique du système manufacturier de fabrication de construction usinées. Ces logiciels sont donc utilisés par tous les fabricants en îlot, i.e. les mêmes données partagées par plusieurs systèmes doivent être réécrites. Seuls les fabricants utilisant la CAO/FAO combinant la suite d'équipement d'un seul fournisseur ont instauré le partage de données et l'interopérabilité entre divers systèmes. Cependant cette intégration est à ce jour limitée aux sous-systèmes que sont les toits, les planchers ou les murs. Nous n'avons toutefois recensé aucun fabricant utilisant des solutions propriétaires réunissant et intégrant l'ensemble des îlots d'automatisation.

Ce fonctionnement en îlots nécessite le classement en répertoires des multiples sous-systèmes développés sous divers environnements logiciels afin d'en assurer la réutilisation. Tous les fabricants suivent certains processus entourant la gestion des répertoires et des documents produits par CAO. Trois fabricants ont développé un système de gestion formel pour la documentation et l'archivage.

Une telle problématique entourant les îlots d'automatisation a aussi été révélée par l'étude de Bouchard *et al.* (2002) dans le cas des systèmes de fabrication des panneaux muraux:

« Les logiciels pour la fabrication des panneaux muraux, révèle d'une part, qu'il y a très peu d'intégration avec les dessins d'architecture. Toutefois ces logiciels permettent différents niveaux d'intégration de gestion de la production. D'autre part, on constate que la plupart ne font aucun calcul d'ingénierie ou de vérification de conformité aux codes de construction. Ainsi, il faut avoir recours à des données incluses dans des banques de données dans lesquelles les capacités de composantes sont stockées. »

c) La planification et le contrôle

Les méthodes de gestion de la production sont centrées sur les outils de gestion des approvisionnements (*Material Requirements Planning*) et du Juste-À-Temps dans l'ensemble des fabricants rencontrés. La planification des processus de production utilise en général des systèmes développés à l'interne avec des logiciels de bureautique bien qu'une entreprise de maison modulaire était à faire le transfert vers un logiciel de type *Enterprise Resource Planning* (ERP). Parmi les enjeux insuffisamment résolus figure l'intégration entre les outils de planification de production, l'outil de vente et les outils de conception de produits et de gestion de production.

Les indicateurs de performance des processus sont variés d'une entreprise à l'autre. L'amélioration des processus est basée sur des ajustements à partir de l'expertise du personnel. Aucun système de simulation n'a été mentionné qui viserait à analyser la réingénierie des processus pour améliorer la performance du système de production. Toutefois, les fabricants utilisant l'intégration CAO/FAO disposent du suivi intégré des fonctions de production. Ceci leur permet de retracer en temps réel les commandes et les encours de même que de comptabiliser certains indicateurs de production. Aucun usage de système à code barre n'a été relevé. Un seul de ces fabricants utilise un équipement

électronique pour suivre les activités de la main d'œuvre et comptabiliser leur temps par projet. Le suivi de la qualité et réalisé en général par des employés experts en construction et techniciens seniors se basant sur des cahiers de charges et sur les codes et normes de construction en vigueur dans la juridiction où sera érigé le bâtiment.

3. Conclusion

Cette enquête a permis de constater que l'intégration technologique des entreprises du secteur est intimement liée au contexte de la conception assistée par ordinateur (CAO) du dessin et de l'ingénierie des structures de la maison. Tel que montré en figure 3, la CAO implique l'intégration et la coordination d'information de plusieurs secteurs fonctionnels d'une organisation. Ce traitement de l'information pour la préfabrication de maisons implique beaucoup d'itération. Ceci explique pourquoi la très grande majorité des entreprises visitées ont mentionné que la conception technique était le goulot d'étranglement de leur processus d'affaires.

Par l'enquête, on remarque que des fonctions de logiciels d'un domaine d'expertise chevauchent les fonctions d'un autre domaine. Par exemple, les logiciels de planification et ceux de CAO/FAO font tous les deux de l'estimation des coûts et du prix de revient. L'organisation des données peut être différente d'un logiciel à l'autre surtout si ces logiciels ne proviennent ni du même fournisseur, d'autant plus s'ils ne proviennent pas du même domaine d'expertise. Pour une même entreprise, la diversité des logiciels utilisés pour l'accomplissement de toutes les fonctions de l'entreprise résulte en un environnement difficile et coûteux à intégrer. Cette adaptation difficile tend à différer l'intégration d'applications technologiques avancées surtout pour des entreprises avec un niveau de production moins élevée. Dans ce contexte, on doit constater que la fragmentation et la petite taille des entreprises du secteur sont des freins au développement et à l'adoption de solutions technologiques intégrées et efficaces.

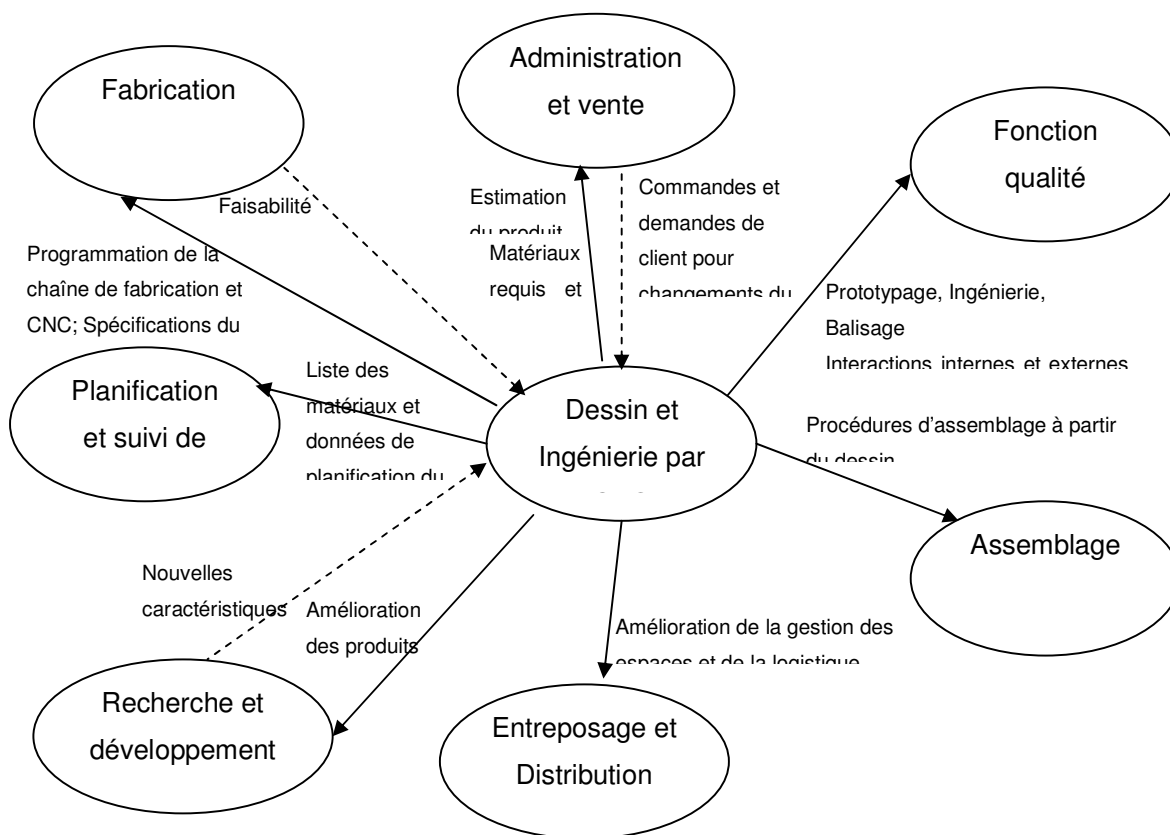


Figure 3 : Modèle d'intégration de l'information en environnement CAO (CAD) pour la construction de maison préfabriquée (adapté de Lin et Nagalingam, 2000)

4. Bibliographie

- Bouchard, M., V. Vallée et F. Robichaud. 2002. *Analyse du potentiel d'automatisation du procédé de fabrication des panneaux muraux à ossature de bois*. Rapport . Forintek Canada Corp. et le Centre de recherche industrielle du Québec. 48 p.
http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/panneaux_muraux.pdf
- Browne, J., J. Harhen et J. Shivnan. 1988. *Production management systems : a CIM perspective*. Massachusetts, Addison-Wesley. 284 p.
- Méthot, D. 2004. *L'automatisation des procédés dans l'industrie des maisons préfabriquées*. Rapport de recherche. Programme Valeur au bois. Forintek Canada. Juin 2004, 47p.

Annexe I - Overview of the Software used by the Manufactured Housing Industry *(Inventaire des logiciels utilisés par l'industrie de la maison usinée)*

I- 1. Introduction

The greatest part of the softwood production is used in North America in the area of residential construction; therefore the manufacturing housing industry is positioned to play a strategic role in the development of this resource. To be able to compete in the residential construction market, the prefabricated housing industry needs to manufacture a high performance and low cost product. One of the factors affecting the growth of this sector is the standardisation of the products and the manufacturing process. The standardisation allows taking advantage of the benefits of automation. Computer aided drawing and design (CAD) is an essential tool of the modern production process. Effective and efficient utilisation of CAD is one of the key components in successful implementation of the standardisation and automation in the prefabricated housing industry.

The object of this project was to provide an overview of the CAD software utilised by the prefabricated housing industry and to point towards a strategy of CAD integration for the standardised production process of prefabricated houses. To achieve these goals firstly information about the CAD software currently used by the prefab housing industry in Québec, Canada and the USA has been collected. Selected companies, most of them in Québec, have been visited and a survey of manufacturers has been conducted. This report includes the results relating to specific software usage, from those visits and the survey, as well as information given by companies producing the software. The authors do not pretend to have done an exhaustive collection of all available CAD software that could potentially be used in the manufactured housing industry. Our aim was to present a snapshot of the situation of software utilization in 2004.

I- 2. Software

a) Sales and marketing

The primary demand concerning abilities and functions of software for sales and marketing is to produce a model including the interior and exterior design elements according to the demands of the client. The sales person produces a sketch conforming to the standards of the respective company based on the demands of the client. Currently either catalogues, printed or online, easy to use 3D software or combinations of them are used. The software is expected to allow drawing a sketch of a house without knowledge of architectural techniques. *DataCAD* (DATACAD LLC) and *3D Home* (Broderbund) are examples for this kind of software. The main tool to transfer the information from the sales department to the technical department is electronic mail. Usually there is no link between the software used by the sales department to the software used by the technical department. *DataCad* is an exception; the program can also be used for the architectural plans.

Some companies use combinations of *Microsoft Word*, *Excel*, *Publisher* and *Adobe Acrobat* in their sales department in order to produce product catalogues, price lists and brochures. These are easy to use and flexible.

b) Cost and delivery date estimation of customer designs

The task of establishing the costs and the delivery date is often done by the sales person but often also, it is under the authority of the technical department. The price is established based on general parameters while the approximate delivery date is determined according to the day-to-day production forecast. Most manufacturers use *MS Excel* or VBA programs on *MS Excel* or *Lotus* for this task. In many cases in-house solutions were developed and are being used. Some off-the-shelf integrated solutions are provided by CAD software including a pricing module, but, although some of the companies use such integrated software, the general trend is to use their own in-house pricing solution.

Included in Truswal's *Intellibuild* software is the bidding and production software *WinBatch*. *WinBatch* allows optimizing the batch cutting, batch costing and material procurement planning.

Similar functionalities are provided by the major North American providers of broader, more integrated solutions such as Mitek, Robbins and Alpine.

c) Detailed architectural plans

The architectural plans are produced by the technical department. The software should be capable of producing floor plans, cross-sections and elevations. 3D views are also being requested, especially for the purpose of producing a paper catalogue. Due to the large number of products which satisfy this demand, additional features play an important role.

Cadsoft (Cadsoft Corp.) offers "drag & drop" component catalogues. Wall panels, doors, windows etc. can be predefined according to the standards of the respective company. An additional advantage of Cadsoft is the *AutoCAD* interface which facilitates the learning process. The program is also economical and allows producing 3D representations of the elevations. The disadvantages are that the program does not run fast enough and is unstable. The modules for those tasks which are supposed to accelerate the drawing process, e.g. the catalogues, are often inadequate and the 3D modules are often not fully used due to the loss of efficiency. Users of this software demand improvements in drawing efficiency, accuracy, stability and interface simplicity.

Softplan (Softplan Systems Inc.) offers a module to set up a components catalogue for "drag & drop". Additional to floor plans, cross sections and elevations, the software produces material lists and 3D views. The users are generally satisfied with the program except that it can be hard to learn.

Truswal's software *Intellibuild* is a suite of integrated programs that complement each other. The suite includes roof layout software, truss design software, bidding and production software as well as a management program and also integrates Intelligent Building Systems wall panel design program *Wallbuilder*.

Some companies use *DataCad* from DATACAD LLC. In addition to the basic drawings (floor plans, cross sections and elevations) the program produces the material lists. The program is compatible with *AutoCAD* and can import plans in the dxf format. A translation of plans into PDF (Portable Document Format) is also feasible. These abilities facilitate the transfer of information between the different manufacturing steps. The users can also produce the assembly plans, present the project, and

create detailed plans. One disadvantage mentioned by the users is the incompatibility of the material list with the accounting software.

Very often companies use *AutoCAD* (Autodesk), either exclusively or in combination with other software like *Softplan*. The main advantage of *AutoCAD* is its enormous circulation; it is widely used by architects and often taught in engineering schools which facilitates the learning process in the department. Autodesk Architectural Desktop (ADT) of the same software company is based on *AutoCAD* and offers basically the same abilities and functions as the other programs in this category: floor plans, cross sections, elevations, 3D views and component catalogues.

Cadwork was developed by the European company cadwork. Using 2D or 3D cadwork both two-dimensional and three-dimensional design are easily produced. A wide database of different connections allows the design of all connections needed. The disadvantage of this program is its focus on heavy timber construction. There are no auto-solve engines for the typical tasks like floor framing or roofing.

d) Whole house structural design and building code compliance issues

The sub-systems such as roof, wall or floor systems are analysed most of the time using proprietary software provided by either the supplier of components, such as connecting steel plates (e.g. Jager Inc., MiTek) or Engineered Wood Products (e.g. Tembec, Open Joist 2000). These companies offer a number of compatible programs for the various components.

The most recent development is so called whole-house solutions such as *OptiFrame V2* by OptiFrame Software or *Alpine Architectural View* by Alpine Engineered Products. The American company Keymark also offers a whole-house solution called KeyBuild. Whole-house functionalities are also provided by Robbins which is distributed in Canada by Jager. These software packages consist of various modules for drawing, engineering and planning.

The implementation of structural analysis and the checkups of other building code compliance issues are performed differently in the various companies. The implementation also depends on the manufactured product: manufacturers of modular homes have different demands from manufacturers of components. For the building in general in most cases a senior technician will verify the

compliance of the calculation with the respective building code. Many among the proprietary software suppliers (e.g. MiTek, Robbins distributed by Jager, Open Joist 2000) provide Canadian and U.S. code compliance check-up as part of their structural analysis functionalities. MiTek can also provide a U.K. building code version of its software which is an advantage for manufacturers willing to export in this jurisdiction.

e) Design of foundations

Only a few of the interviewed companies gave information about the handling of foundation design issues. All of them use *AutoCAD* to produce the plans, due to the wide acceptance and simplicity of the program. The calculations are done using *Microsoft Excel*. The combination of *AutoCAD* and *Excel* satisfies the demands of the users.

f) Floor framing

Today most companies use the software provided by the supplier of beams and joists. Jager Building Systems offers the Robbins program *Multi for Windows* for the analysis and engineering of wood beams. The program automatically analyses single-span and multiple-span beams with all required load cases. It is based on the National Building Code of Canada (NBCC) and the National Design Specification (NDS) and integrates also US building codes. *Multi* is also capable of generating span charts.

For companies using the Jager Building Systems' open-web SpaceJoist™ floor system, Jager Inc. developed *SpaceJoist for Windows™*. This program analyses and designs single and multi-span SpaceJoist. It is compatible with many design codes and specifications (NBCC, CCMC, BOCA, ICBO or SBCCI). A great advantage of this program is the graphical interface which helps to ensure that user input is quick and easy. In addition to the structural analysis, the program produces design and shop drawings, the material list and a pricelist. The later can be exported to Jager's own JMS management software and JobTracking quoting software.

Other manufacturers use *Plan-IT™* (also distributed by Jager Building Systems). *Plan-It™* provides the user with the power of *AutoCAD™* in an OEM version. *Plan-It™* is capable of producing a complete layout for any floor or roof system using JSI Joists, LVL beams, hangers, rim joist and other components. The program creates material lists and cost sheets and then exports the entire

layout to the Jager Management System™. The users of this program evaluate this program as easy to use but criticize the lack of integration with the programs used to design the walls.

Jager Buildings Systems also offers *Wood-I*. The user can perform the structural analysis for I-beams and joists with this program. The analysis conforms to North American building codes like NBCC or BOCA. *Wood-I* analyses single or multiple span beams automatically with all possible load combinations and also distributes the loads automatically on the adjoining beams and walls with a vertical load transfer for up to 5 storeys.

In order to design floors using Trus Joist™ products (Paralam®, Microlam®, Timberstrand®) Trus Joist™ offers the *TJ-Beam®* software. The program allows entering the building dimensions directly from specification drawings. *TJ-Beam®* calculates the bearing loads for selected support details, automatically calculates loads and shows the results on a graphic. Using Trus Joist's proprietary design analysis, the program selects the most economical product, but it offers also a list of alternative solutions. The analysis is based on various building codes including BOCA, IBC, SBCC, UBC and NBCC.

MiTék offers the software MiTek 4.2. Unfortunately we were not able to obtain significant information from the MiTek software.

Alpine Engineered Products Inc. has developed its own software solution: *Alpine Architectural View*. The main difference between this program and the others presented in this report is that the program itself resides on an Internet server. It means that the program can be accessed via Internet connection from anywhere. Every job and all the database is completely stored and backed up there and accessible to all parties: designer, architect, engineer and manufacture. Architectural View has three main components: a database module, a layout module and *IntelliCAD* which replaces professional CAD software. Along with the floors the program features auto-framing tools for roof and walls. Architectural View generates 3D views, reads and writes industry standard dxf and dwg file formats. Architectural View does not perform structural analysis, but it offers the engineering services of Alpine Structural Consultants.

With the *OptiFrame V2* software from the Optiframe™ Software, the roof, walls and floors can all be inputted, analyzed, designed and shared in the same program. This includes all parts of the structural frame, from the foundation up-beams, joists, panels, prefabricated wall components, conventional stick-framing, sheathing, prefabricated trusses, critical connections and related accessories. *OptiFrame V2* brings together the capabilities first commercialized through MiTek®, eFrame™, together with Trus Joist® engineered lumber products and each partners' proprietary design engines into a comprehensive software tool. The market for OptiFrame V2 software is for the users associated with MiTek (mainly provider of metal connector plates) or Trus Joist (provider of Engineered Wood Products).

The Canadian Wood Council offers a program for structural calculations called *WoodWorks® Design Office*. The suite consists of three programs:

- 1) *Sizer* to size beams, joists, columns and wall studs, one at a time or in a system, under various load conditions;
- 2) *Shearwalls* to design wood-frame panel shear walls to resist wind and seismic loads and
- 3) *Connections* to design new connections using bolts, nails or shear plates, or to check the capacity of existing connections.

The users are generally very satisfied with the programs, especially the offer of compatible versions with Canadian and US codes is considered as an advantage. The users would like to see an improvement of the definition of beams, lintels and supports. They also would like integration with the design and workshop drawings software as well as a costing module.

Early versions of *AutoCAD* are still sometimes being used, among our respondents, to design the flooring plans. The structural analysis is then done by experienced technicians and controlled by an outside engineer.

g) Wall systems

Most of the wall panelization software is supplied by the manufacturing equipment manufacturer. In general, the programs do not perform structural analysis. *Shearwalls* and *Sizer* components (part of *WoodWorks Design Office*) are the only programs which allow designing shear walls and sizing of wall studs.

WallCad, a program developed by EZCad, is distributed by Jager Building Systems. The software produces all plans needed for production including cutting lists and pricing for panels of all shapes. It also offers 3D views for complicated framing. *WallCad* satisfies the demands of the current users.

MiTek Inc. offers the program *MiTek Panel Builder*. The advantages of the software are that it is easy to use and integrated with a CNC saw. A disadvantage is the lack of integration with the software used to design floors and roofs. Some of the users are not satisfied and would like to change to even easier and more integrated software.

Alpine Wall Panel Systems offer the *Alpine panelView* software. The software provides complete layout, material takeoff and costing, cutting, stacking and assembly output. The program integrates with Alpine's View truss design software and is able to share information with other programs by using industry standard files such as dxf files and formats like Microsoft Access. The whole house solution *Alpine Architectural View* also includes an auto-solve function for wall-framing.

As mentioned above, with the *OptiFrame V2* software, the roof, walls and floors can all be inputted, analyzed, designed and shared in the same program. This includes all parts of the structural frame, from the foundation up-beams, joists, panels, prefabricated walls components, conventional stick-framing, sheathing, prefabricated trusses, critical connections and related accessories. One of the surveyed companies is currently using *Optiframe* for the walls, but the company uses another program to design the floors and roofing.

Intelligent Building Systems offers *The Wallbuilder*. Starting from the blueprints the software executes the complete wall panel design including the scheduling for plant management. The program performs the panelization and produces the material and labour lists. It also includes component catalogues, an inventory control, and estimating tools. The user can set the order of erection of the panels as well as the order of production, even bundling is possible.

Another program capable to define wall panels is *Cadsoft* of Cadsoft Corp. Cadsoft offers auto solve engines for roof, floor and wall framing, but no structural analysis is performed. None of the

surveyed companies used Cadsoft for all its framing purposes, but one was using Cadsoft to define the wall panels for modular houses.

It also occurs that companies use *AutoCAD 12* to design the wall panels. In this case the framing is done manually.

h) Roofing

A very commonly used program for this task according to our survey is *Online Plus* by Robbins and distributed in Canada by Jager Building Systems. *Online Plus* is an integrated layout and engineering program. It performs the structural analysis and produces the assembly plan and the configuration for laser projection. Additional to those features it also offers automated saw control and price estimation. The user likes the versatility of the program with its various options to modify the geometrical profile and the components of the trusses as well as the function for batch cutting and the function to put the produced batch in order until the assembly table. The disadvantages given by the users are the difficult handling of the software and sometimes its instability. Besides these the users state that *Online Plus* satisfies their demands.

MiTek offers two different software solutions in *MiTek 5.2* for the US market and *MiTek 4.2* for the Canadian market. The functionalities offered by the MiTek software for this application are similar to those described for *Online Plus*. We observed two users of this software that actually used most of the integration features of the software, including the cutting list generator, the CNC saw optimization and the laser projection assembly table to assemble the trusses. Users of this program are satisfied with the abilities and functions of the MiTek software.

As mentioned above Alpine Engineered Products' Alpine Architectural View includes an auto-framing function for roofs. The program is capable to solve 3D planes automatically.

Truswal's IntelliBuild suite also includes an auto-solve engine for the roofing. The single trusses can be engineered using the integrated software TrusPlus.

i) Detailed workshop plans

In many cases the detailed workshop plans are produced by the software at the structural analysis stage. The only program listed in the section Structural Analysis which is not producing workshop plans is *Woodworks Office*.

hsbCAD is a program originating from Belgium. It allows framing studies but does not perform any structural analysis. An advantage of the software is the AutoCAD styled interface which facilitates the learning process. The program produces precise detail plans to start the production, in particular for the material and cutting lists in order to optimize lumber usage. It also ensures interfaces with the most common European CNC equipment (e.g. Weinmann, Hundegger) for complete automation and allows the planning of container loading and balancing. *hsbCAD* generates elevation and outline wall detailing, itemizes each panel regarding component dimensions for packing and shipping and in terms of the detailed bill of material used in the factory (weight, center of gravity etc.) of each component (wall, floor etc.). It produces the assembly plan and panel numeration for the exportation. Although it is being widely used in Europe, we did not see any of the surveyed companies using it. It was considered though to be a valid alternative to existing North American software providers, especially for companies considering the acquisition of European automated equipment. This software provider is now being distributed in North America and it is actively being promoted locally.

Based on the architectural design produced with 2D or 3D Cadwork, Cadwork can supply all production-related drawing, lists and machine data.

j) Project and production planning

Not much information has been given by the manufacturers concerning project and production planning. Some companies use *MS Excel* and *Access* to produce project schedules and production schedules. The advantages of using these programs are the accuracy and the versatility. The program satisfies the demands but the user criticises the high costs. Generally, the manufactures demand of the project and production management tools that they must be able to make changes easily.

The Wallbuilder from Intelligent Building Systems includes a production scheduler. By using this software, the manufacturer can control the distributing, scheduling and tracking status of the jobs in the factory.

IntelliBuild by Truswal also offers the management software *TrusManager Pro*. *TrusManager Pro* is software allowing the user to control the day-to-day quoting, invoicing, and inventory functions.

k) Providing cutting lists and bills of materials

Like in the case of the detailed workshop plans most of the companies generate the cutting lists and bills of materials through the structural analysis software. Others use *Microsoft Excel* to produce the cutting and the packing list including the material list, item numbering, stickers for the pieces and the placement in containers.

In some cases *Microsoft Access* is used, but the users claim that the program does not satisfy their demands.

l) Driving CNC equipment

Not many companies use special software to drive the CNC equipment, only two of the surveyed companies actually use CNC equipment. The two observed implementations of CNC saws were with the MiTek program, *CNC cybersaw* driving an automated mitre saw.

hsbCAD ensures interfaces with the most common European CNC equipment (e.g. Weinmann, Hundegger) for automation. The structural analysis software distributed by Jager Building Systems offers interfaces with CNC saws. Cadwork is also capable of producing all production-related machine data, although we did not observe any actual implementations of these three automation solutions among the surveyed enterprises.

m) Transport Logistics

Like in the case of information concerning the driving of CNC equipment we did not get much information about the transport logistics. Most companies do not use any software to organise the transport. The packing and shipping is done by experience.

Some use *Microsoft Excel* to produce shipment schedules, packing lists and item numbering, stickers for the pieces and the placement in containers. Often *Excel* is also used in combination with *Access*. The users demand a high accuracy and versatility and they state that the program or the combination

of the two programs fulfill these demands. The only disadvantage is the high costs connected with those programs.

Intelligent Building Systems' *The Wallbuilder* allows the bundling of the wall panels and their components. MiTek also offers transport logistics software but no detailed information could be obtained for this study.

n) Information transfer

Basically all common ways of information transfer are used: from regular mail using paper to company-owned ftp sites. More and more the electronic ways of communication are used; especially the transfer in form of dwg or dxf files through e-mail is very common. Sometimes the transfer is carried out via pdf files. Although those "modern" ways are widely accepted, nearly in all cases of information transfer an additional hardcopy in paper form is transmitted, mostly for legal reasons related with the obligation of bearing a professional signature.

I- 3. Conclusion

In the beginning of the computerization in the technical departments most of the drawing and design was done with AutoCAD. Now, those early versions of AutoCAD are being replaced by specialized software which allows accelerating the designing process. In many companies the technical department is considered to be the bottleneck of the whole business.

Most companies use the software supplied by the producers of equipment and/or components (MiTek, Jager, Alpine etc.). These programs are tailored for the proprietary products of the respective supplier. In most cases the suppliers offer different programs for the different tasks of floor framing, wall paneling or roofing. According to the users the integration between those programs is still in need for improvement.

The whole-house solutions are better integrated; the results of the different tasks can be transferred to the next step of the manufacturing process. Presently those solutions are not much used, once the companies invested and started using a certain system (e.g. Jager, MiTek) they build a strong relationship and rarely switch to a new system. Even if a competitor offers better software and/or

service, the cost of replacing the equipment or components would be prohibitive. More and more the producers of whole-house solutions try to integrate equipment and/or components of various suppliers. This trend is in accordance of the general trend among information technology users and providers, towards open systems. There is still a lot of room for improvement in that respect though and for now, proprietary solutions are still ruling.

An approach to increase the integration of the CAD software in the manufacturing process could be to standardise the input/output formats of the different programs in order to facilitate the transfer of information between the different manufacturing steps. Also, the adoption of industry standards for drawing and engineering would improve the potential for integration and efficiency in software usage.

a) Software function per profile

Profile	General architectural drawing software						Whole-house solution			
Software Name / Function	AutoCAD ADT	hsbCAD	Cadsoft	CadWork	DataCAD	Softplan	Alpine Architectural View	Alpine panelView	KeyBuild®	OptiFrame V2
Sales and marketing					x					
Cost and delivery date estimation										
Detailed architectural plans	x		x		x	x			x	
Design of foundations (with structural analysis)										
Design of foundations (without structural analysis)			x							
Floor framing (with structural analysis)									x	x
Floor framing (without structural analysis)		x	x				x			
Wall systems (with structural analysis)									x	X
Wall systems (without structural analysis)		x	x				x	x	x	
Roofing (with structural analysis)									x	X
Roofing (without structural analysis)		x					x			
Detailed workshop plans		x	x	x	x		x	x	x	X
Project and production planning		x							x	
Providing cutting lists and bills of materials		x	x	x	x		x	x	x	X
Driving CNC equipment		x		x				x		
Transport Logistics										

Système standardisé pour la production de maisons usinées

Profile	Engineering software for wood components										
Software Name	MITek 4.2 / 5.2	MITek CNC	cybersaw	MITek Panel Builder	Multi for Windows	Online Plus	Plan-IT™	SpaceJoist for Windows	TJ-Beam®	WallCad	Wood-I
Function											
Sales and marketing											
Cost and delivery date estimation											
Detailed architectural plans											
Design of foundations (with structural analysis)											
Design of foundations (without structural analysis)											
Floor framing (with structural analysis)	x				x			x	x		X
Floor framing (without structural analysis)							x				
Wall systems (with structural analysis)											
Wall systems (without structural analysis)				x						x	
Roofing (with structural analysis)	x					x					
Roofing (without structural analysis)							x				
Detailed workshop plans				x		x	x	x	x	x	
Project and production planning											
Providing cutting lists and bills of materials				x		x	x	x	x	x	X
Driving CNC equipment		x		x							
Transport Logistics											

Système standardisé pour la production de maisons usinées

Profile	Engineering software components					General office software				
	IntelliBuild	The Wallbuilder	WoodWorks® Design Office	3D home	AutoCAD	Adobe Acrobat	Microsoft Access	Microsoft Excel	Microsoft Publisher	Microsoft Word
Sales and marketing				x		(x)		(x)	(x)	(x)
Cost and delivery date estimation								(x)		
Detailed architectural plans	x				(x)					
Design of foundations (with structural analysis)								(x)		
Design of foundations (without structural analysis)					(x)					
Floor framing (with structural analysis)			x							
Floor framing (without structural analysis)	x				(x)					
Wall systems (with structural analysis)			x							
Wall systems (without structural analysis)		x			(x)					
Roofing (with structural analysis)	x		(x)							
Roofing (without structural analysis)										
Detailed workshop plans	x	x								
Project and production planning	x	x					(x)	(x)		
Providing cutting lists and bills of materials	x	x					(x)	(x)		
Driving CNC equipment	x	x								
Transport Logistics		x					(x)	(x)		

(x): function developed with an in-house solution

o) Contacts

Name	Company	Website	Contact	Price Range
3D Home Architect	Broderbrund	www.broderbund.com		US\$ 69.99
Adobe Acrobat	Adobe	www.adobe.com	Adobe Systems Canada Tel: (613) 940-3676 Fax: (613) 594-8886	US\$ 299 - 449
Alpine Architectural View	Alpine Engineered Products	www.alpeng.com or www.alpinecentral.com	Frances White +1.954.781.3333 ext 4048 fwhite@www2.alpeng.com	between 15 US\$ per hour to 595 US\$ monthly unlimited
Alpine panelView	Alpine Engineered Products	www.alpineuk.com	John Allen jallen@www2.alpeng.com France Harel Struc-Soft Canada 1-877-810-7575 ext. 221 (514) 341-9646 ext. 221 fharel@strucsoft.ca	595 US\$ per month for the first seat, 50\$ each for the next 3 seats, seats thereafter are free
AutoCAD	Autodesk	www.strucsoft.ca	France Harel Struc-Soft ca 1-877-810-7575 ext. 222 (514) 341-9646 ext. 222 fharel@strucsoft.ca	ADT 2005: base price 1399\$
Autodesk Architectural Desktop (ADT)	Autodesk	www.strucsoft.ca	France Harel Struc-Soft ca 1-877-810-7575 ext. 222 (514) 341-9646 ext. 222 fharel@strucsoft.ca	ADT 2005: base price 1399\$
Cadsoft	Cadsoft	www.cadsoft.com	Katherine Ridgeway 1-888-223-7638 ext 336 Katherine.ridgeway@cadsoft.com	1,695 – 3,995 \$
Cadwork	Cadwork	www.cadwork.com	Laurent Décosterd Tel: (514) 524-2442 decosterd@cadwork.ca	1. licence: 9000€ (15 000\$)
DataCAD	DataCAD LLC	www.datacad.com	DATA CAD CANADA Tel: (514) 855-5557 info@datacad.ca	
KeyBuild	Keymark Enterprises LLC	www.keymark.com	Tel: (720) 622-2519 sales@keymark.com Mick Kelly	
hsbCAD	hsbCAD	www.hsb-cad.com	011-3587968352 mk@hsb-cad.com	

Système standardisé pour la production de maisons usinées

Multi for Windows	Robbins, distributed in Canada by Jager Building Systems	www.jagerbuildingsystems.com or www.jbsquebec.com	Quebec Distribution Support Tel: (450) 430-1882 Fax: (450) 430-6500 info@jbsquebec.com	
Online Plus	Robbins, distributed in Canada by Jager Building Systems	www.jagerbuildingsystems.com - or www.jbsquebec.com	Quebec Distribution Support Tel: (450) 430-1882 Fax: (450) 430-6500 info@jbsquebec.com	
Optiframe V2	OptiFrame™ Software LLC	www.optiframe.com	 Tel: (303) 221-1200 Fax: (303) 221-3532 optimize@OptiFrame.com	
Plan-It	Robbins, distributed in Canada by Jager Building Systems	www.jagerbuildingsystems.com - or www.jbsquebec.com	Quebec Distribution Support Tel: (450) 430-1882 Fax: (450) 430-6500 info@jbsquebec.com	
Softplan 3D	SoftPlan Systems Inc.	www.softplan.com		full version: 2385 US\$ lite version: 985US\$
SpaceJoist for Windows	Jager Building Systems	www.jagerbuildingsystems.com - or www.jbsquebec.com	Quebec Distribution Support Tel: (450) 430-1883 Fax: (450) 430-6501 info@jbsquebec.com	
The Wallbuilder	Intelligent Building Systems	www.intelbuildsys.com - -	Alison Karrer Tel: (662) 342-3434 Fax: (662) 342-3435 akarrer@intelbuildsys.com	
TJ-Beam	Trus Joist	www.trusjoist.com - -	 Tel: (800) 463-7225 Tel: (514) 744-0576 Fax: (514) 744-8146	

Système standardisé pour la production de maisons usinées

WallCad	EZCad, Distributed by Jager Building Systems	www.jbsquebec.com	Quebec Distribution Support Tel: (450) 430-1885 Fax: (450) 430-6503 info@jbsquebec.com	
Wood-I	Jager Building Systems	www.jagerbuildingsystems.com	Quebec Distribution Support	
		-		
		or	Tel: (450) 430-1886	
		www.jbsquebec.com	Fax: (450) 430-6504 info@jbsquebec.com	
WoodWorks Design Office 002	Canadian Wood Council	www.woodworks-software.com		license - Full Version: \$695 CDN (non- member price, single copy) Full Version - additional copies \$245 CDN 10 License Single Site Package / Network Version \$1,695 CDN