

Amélioration et Diminution significative du processus
de conception en utilisant les techniques de PCI.

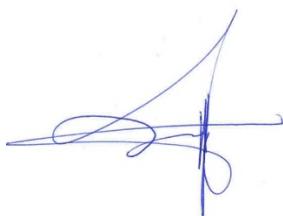
ARBORA B

Préparé par « Marc André Roy, Président,
Sotramont Griffintown Inc.



Ce rapport a été réalisé dans le cadre du Programme
de vitrine technologique pour les bâtiments et les
solutions innovantes en bois

24 mars 2021



Marc André Roy

Avocat

Avis de non responsabilité

Le contenu et les résultats de ce rapport sont produits et présentés par le promoteur du projet. Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs ainsi que le Fonds vert ne sont donc pas responsables du contenu de ce document.

Table des matières

1.	Sommaire exécutif et synthèse de l'étude	1
2.	Introduction	2
2.1	Titre et lieu de réalisation du projet de construction	4
2.2	Description du projet de construction	4
2.2.1	Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante	5
2.2.2	Échéancier global et durée	6
2.2.3	Budget global	6
2.2.4	Partenaires	6
2.2.5	Défis et risques généraux.....	6
3.	Détails de l'étude.....	7
3.1	Introduction et hypothèses de départ	7
3.2	Objectifs	7
3.3	Méthodologie	7
3.3.1	Processus de Conception Intégré - méthodologie	8
3.4	Résultats et analyse	8
3.4.1	Processus de Conception Intégré	8
4.	Conclusions.....	11
4.1	Processus de Conception Intégré.....	11
4.2	Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie	14
4.3	Recommandations	15
5.	Bibliographie	15
6.	Annexes	17

1. Sommaire exécutif et synthèse de l'étude

Cette analyse rapporte les activités et les démarches, qui ont eu lieu pour le projet Arbora, et quoique traité dans son entièreté, plus spécifiquement pour les phases B et C du projet. L'utilisation de la méthode de Processus de Conception Intégré (PCI) est une démarche additionnelle pour Sotramont dans sa démarche pour concevoir, promouvoir et construire des bâtiments écono-énergétiques et ainsi poursuivre sa volonté de pousser la notion du développement durable au Québec pour les édifices multi résidentiels mixtes.

Nous tenons à mentionner que les trois phases du projet Arbora, constituent au moment de ce rapport, **le plus grand projet résidentiel de CLT, en terme de pieds carrés construisibles, au monde.**

L'existence d'un projet résidentiel, débute par l'identification d'un site. Pour le projet Arbora, le terrain îlot de la Montagne a été initié par le groupe Aldo en faisant l'acquisition et l'assemblage des terrains pour former le quadrilatère rue de La Montagne, Ottawa, Éleanor et Williams, et ce à partir de 2013. En 2014 Le Groupe Aldo s'est allié des partenaires Sotramont comme constructeur et co-promoteur et LSR Gesdev comme co-promoteur. En 2015, le choix des professionnels a été fait, et le début de la conception du projet a débuté. Le projet Arbora a débuté en 2016 avec l'émission du permis d'excavation. La phase B, qui fait l'objet du présent rapport, a débuté en 2017 par l'émission du permis de construction en avril. Le bâtiment B, a été livré à ses premiers occupants à partir de mai 2018. La majorité des livraisons ont eu lieu de mai 2018 à octobre 2018. Arbora est un projet unique : il est un **succès commercial** de par ses ventes de condominiums à 100%, dans une courte période de temps et un rendement financier élevé, un **succès qualitatif** de par sa bonne réalisation quant à sa construction, et un **succès technologique** quant au degré et la qualité d'avancement pour le développement durable en combinant la structure de bois massif, le tout cumulé de l'accréditation LEED Platine.

Sotramont, fait partie de l'exception dans le domaine de la construction et de la promotion immobilière au Québec, grâce à sa volonté et son savoir-faire pour réaliser et faire avancer le développement durable en construction, combiné au succès économique d'un projet. L'utilisation du CLT a également été un élément distinctif de la réussite du projet, au point de vue sa commercialisation.

La présente analyse, rapporte la méthodologie et l'analyse des approches, résultant de l'approche PCI. Les résultats de cette approche ont permis d'optimiser la performance du bâtiment avec des solutions optimales, cherchant comme résultat final non seulement l'optimisation d'une construction, mais la performance d'un bâtiment après sa livraison.

L'utilisation du processus de conception intégré demande une vision d'ensemble, et à long terme, pour le développement d'un projet. Des améliorations importantes ont été réalisées lors de ce processus. Un ensemble d'intervenants se sont réunis pour la conception de la phase B et C du projet Arbora. L'importance du PCI est non seulement le nombre et la variété d'intervenants mais leur volonté à vouloir mettre de côté leurs idées préconçues à vouloir adopter des méthodes et des idées nouvelles, la collaboration est au centre de sa bonne réalisation. Le processus est global et s'applique au niveau de la conception, construction et l'occupation du bâtiment. Cette méthode de

réalisation peut être simple mais Sotramont en a tiré avantage car au sein de l'entreprise subsiste cette volonté de vouloir bien construire.

La fierté de réaliser le projet a été exhibée durant toutes les étapes de construction. Arbora a servi d'exemple à l'industrie du bois massif, pendant sa réalisation, des centaines de visiteurs, étudiants et professionnels ont visité et étudié le projet.

Aujourd'hui maintenant que le projet est terminé, les immeubles construits sont les témoins de la réussite et l'exemple que les immeubles en bois massif peuvent servir à procurer des logements de qualité à la population québécoise.

2. Introduction

Réalisé par le constructeur et développeur Sotramont, Arbora représente le plus grand nombre de pieds carrés en bois massif, pour un projet résidentiel et ceci dans le monde. Actif dans le développement durable depuis 2010, Sotramont a réalisé en 2013 la phase 1 du projet Place des Nations, certifié LEED Or, dont l'enveloppe du bâtiment a été jugée **la plus performante au monde** pour un immeuble 6 étages de cette catégorie, par US Green Building Council. Pour Arbora, comme l'ensemble de ses projets, Sotramont était à la fois constructeur, co-promoteur et investisseur. De par l'importance de son implication, Sotramont a convaincu ses partenaires d'adopter ses valeurs en développement durable. Le projet TOD, à Bois Franc avait permis à Sotramont d'analyser le potentiel de la construction en bois massif pour un immeuble résidentiel, et de pouvoir conclure de la réalité économique de sa réalisation. Arbora, de par sa taille et la complexité de sa forme géométrique a représenté un défi de réalisation très important. L'utilisation du PCI avec l'ensemble des intervenants, a permis d'optimiser le projet dans la recherche de solutions.

Le projet Arbora a été réalisé en trois phases de construction, pour l'érection des bâtiments en CLT. Le projet a débuté par une première phase d'excavation, qui a été suivie par la phase des travaux de fondations. La phase 1 des fondations, a servi pour le stationnement et l'assise de la phase A et B de Arbora. La phase 2 des travaux d'excavation, a permis la phase de la fondation, le complément des stationnements et la base pour l'érection de la phase C. Le projet Arbora est une réussite d'innovation, de qualité de bâtiment et financière. Le site, avant son développement en projet immobilier, regroupait des bâtiments mixtes, dans un quartier à ancien caractère industriel. Après la décontamination du site, la première phase d'excavation et de fondation a permis la construction de 214 stationnements, une salle d'exercice, cellier, espaces de rangements, vélos, espaces techniques et salles à déchets. Pour la phase A de Arbora, les partenaires ont opté pour un investissement de locatif résidentiel. Le rez de chaussée est à vocation commerciale, pour donner aux résidents un accès à des services de proximité. La phase A, regroupe 132 unités résidentielles locatives, du 2^e étage au 8^e étage. Sotramont a loué les espaces résidentiels locatifs de la phase A. Pour faire la promotion des unités locatives, Sotramont et ses partenaires ont développé une approche de location où les bienfaits du CLT étaient mis de l'avant aux occupants.

Les partenaires ont décidé d'offrir Arbora B, sous la forme de condominiums. L'avantage d'avoir du locatif et des unités à vendre permettait d'offrir au consommateur une plus grande variété de produits, et potentiellement d'accélérer la rapidité de réalisation du projet. La phase B, s'élève sur 9 étages, le dernier étage regroupant des unités penthouses sur deux étages. Une piscine est aménagée dans la cours extérieure sur le tréfond dans la cour intérieure. Sotramont a vendu les 164 unités en quelques mois, et pour cette étape un devis spécifiquement destiné au CLT était remis aux acheteurs.

Devant le succès de la phase A et B, les partenaires ont hésité sur le type de produit à offrir pour la phase C. Finalement le choix s'est arrêté à un immeuble locatif. Le rez de chaussé est également à vocation commerciale et en béton, pour satisfaire aux exigences municipales. Le bâtiment représente 124 unités et a une hauteur totale de 8 étages.

Pour la phase B et C, et ceci pour améliorer l'ensemble du projet et comme innovation dans ce type d'approche, Sotramont a décidé d'utiliser la formule PCI pour favoriser les chances de succès surtout au point de vue techniques, exécution et par rapport aux coûts de réalisations pour le projet. L'utilisation de PCI dans la construction résidentielle au Québec, est en soit une innovation, car pour ce type de projet, les développeurs et constructeurs l'utilisent rarement ou même jamais. L'utilisation d'une innovation comme le PCI pour aider dans la réussite d'une autre innovation (le CLT) pouvait sembler comme une double difficulté, mais Sotramont croyait fermement que le PCI serait un outil essentiel au succès d'Arbora.

L'objectif d'un PCI était pour contrer les problèmes des pratiques traditionnelles de coordination entre les architectes, les ingénieurs et autres professionnels pour la conception dans une vision d'optimisation continue, pour optimiser le CLT et donc réduire l'empreinte écologique du bâtiment. Le traditionnel ne met pas l'emphase sur la collaboration et la multidisciplinarité des équipes de conception, principe essentiel au succès d'une projet de CLT. La méthode de conception traditionnelle est axée sur l'optimisation de la conception de chaque discipline, ce qui n'amène pas la création de méthodes et d'opportunités de synergie. Les professionnels et les sous-traitants, qui deviennent des partenaires de conception, sont regroupés pour apporter leur expérience terrain et trouver des solutions et optimiser le bâtiment tant au niveau conception que réalisation.

Sotramont s'est intéressé au PCI pour la réalisation de ses bâtiments résidentiels durables, et ainsi optimiser ses résultats.

Ce rapport indique les étapes effectuées pour le processus de PCI, le rassemblement de ses acteurs principaux pour arriver à une optimisation de projet et en assurer son succès.

2.1 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

Titre : Bâtiment innovant Arbora B (construction mixte - multi-résidentielle)

Lieu de réalisation : 350, rue Eleanor, Montréal (Québec) H3C 0T5

2.2 Description du projet de construction

En 2013 le groupe Aldo, a procédé à l'achat de plusieurs terrains contigus et effectué un rassemblement de terrains pour donner naissance au site qui allait devenir le projet Arbora. L'étape subséquente a été la mise en place de l'équipe, Sotramont Griffintown, a été retenue comme constructeur et co-développeur et LSR Gesdev agissant comme co-développeur. Par la suite la société d'investissement immobilier, Cartera de Toronto, s'est jointe au projet à titre d'investisseur dans le projet.

En 2013, Sotramont a procédé à la conception du projet TOD au centre du projet immobilier Bois Franc, dans l'arrondissement de St-Laurent. En 2012 Sotramont avait débuté ses démarches en développement durable en bois massif, en comparant une structure en béton pour un 6 étages, à une structure en bois massif. L'analyse comparative concluait que le CLT était un alternatif réaliste à la structure de béton, mais avec l'avantage d'améliorer la fonction de développement durable. Pour le Projet Ilot de la Montagne (futur projet Arbora), Sotramont étant déjà un constructeur innovant, en étant le seul constructeur au Canada, utilisant l'accréditation LEED, pour l'ensemble de sa production, et analysait la possibilité de construire un immeuble en bois massif à Griffintown.

Du projet TOD à St-Laurent et ses 60,000 pieds carrés de bâtiment en CLT, la conception de Arbora a débuté. Un projet de trois immeubles, de 8 et 9 étages, pour un total de 500,000 pieds carrés de construction en CLT. Arbora (ayant comme source la racine latine d'arbre **-arbor**) allait être érigé dans le quartier Griffintown, au centre-ville de Montréal. Le projet représente une étape primordiale et marquante dans le développement durable, de la construction multi-résidentielle mixte au Québec.

Arbora Griffintown, un projet ne pouvant se comparer à nul autre à Montréal, un bâtiment unique en bois massif, et LEED Platine, regroupant une qualité de construction et le confort à ses occupants.

Réaliser, ce qui allait devenir le plus grand projet de CLT au monde, proposait son lot de défis et risques. Parmi les défis, on a retrouvé le traitement acoustique de la structure pour en assurer son optimisation, la cure de chappe de béton sur les dalles de CLT, l'attache des métaux ouvrés à la structure de CLT, le traitement d'un parement de maçonnerie à la structure de CLT, le percement des dalles de CLT, le système de protection incendie, et son impact sur la conception d'un système de refend en bois massif.

Au point de vue géographique le complexe occupe tout l'îlot délimité par les rues De la Montagne, Ottawa, William et Eleanor. Le projet s'est réalisé sur 6 ans. En premier, l'équipe des professionnels a été choisie, et les nombreuses approbations municipales. Ensuite, les budgets et l'octroi des contrats de construction. En 2016, le stationnement phase 1 a débuté, suivi par l'érection de la phase A, l'immeuble locatif, qui s'est terminée en fin 2017. La phase B a débuté en 2017 et a été livrée en 2018. La phase C, premièrement par le stationnement a débuté en 2018. L'érection de la structure de CLT a débuté à la mi 2018 pour se terminer substantiellement en décembre 2019. Les premiers résidents de la phase C, ont déménagé en 2020. Avec les complications de la pandémie, le certificat final des travaux a été émis le 18 décembre 2020.

2.2.1 Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante

L'innovation du projet Arbora est à la base la structure de ses bâtiments. Sotramont a fait appel à la technologie de CLT (CROSS LAMINATED TIMBER) donc en bois massif, pour construire ce complexe résidentiel-commercial de 8 et 9 étages. Les bâtiments regroupent 420 unités d'habitations réparties en 3 immeubles distincts, et tous reliés en sous-terrain par deux étages de stationnements en béton. Le rez de chaussée des deux immeubles locatifs, sont pourvus d'espaces commerciaux qui assurent les services de proximité aux résidents. La typologie est distribuée sur les rues De la Montagne et Ottawa pour le locatif alors que les copropriétés donnent sur les rues William et Eleanor. Le projet offre en plus 40% d'espaces verts aménagés au centre. Les phases A et B ont reçues la certification LEED Platine, et nous sommes en attente de la certification Or V4 pour la phase C.

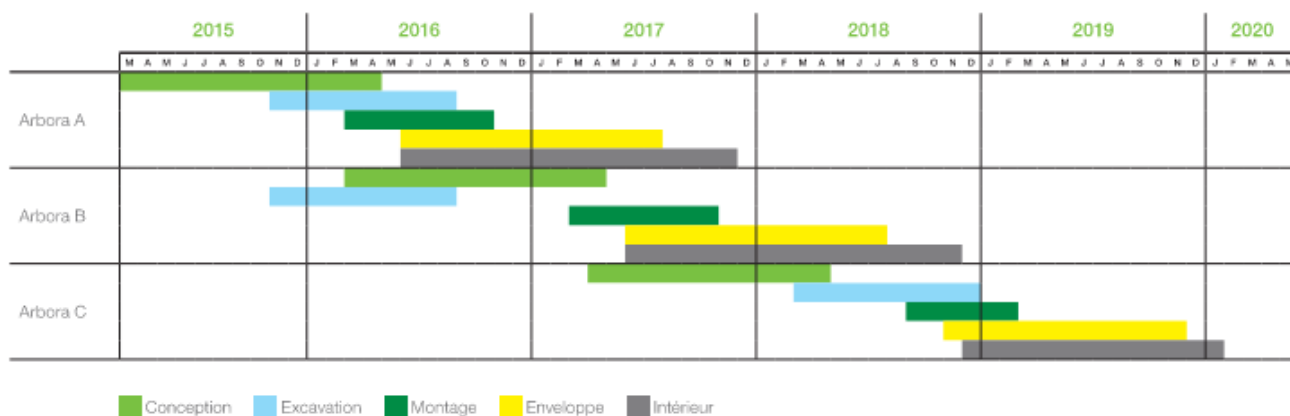
Le projet est un exemple de développement durable, non seulement par ses certifications LEED, mais également par sa structure en bois massif. À fin de palier aux nombreux défis que peut représenter l'utilisation de solutions innovantes comme le CLT, pour la construction de ce complexe multi-résidentiel, une autre solution innovante a été utilisée, **l'outil de PCI**.

Plus spécifiquement, ce rapport fait état de l'approche PCI utilisé pour la phase B et C de Arbora. Comme l'utilisation du CLT pour un projet multi résidentiel mixte, est en soit novateur, l'expertise autant au niveau des professionnels que des sous-traitants et fournisseurs, était à peu près inexistante. Nous allons donc énumérer, décrire, partager et conclure sur le Processus de Conception Intégré pour Arbora, principalement phase B, mais également la phase C.

2.2.2 Échéancier global et durée

Le tableau ci-dessous montre les étapes et leur durée planifiée. Au total, le projet s'est échelonné sur une durée d'un peu plus 65 mois.

Échéancier de construction des 3 phases d'Arbora



2.2.3 Budget global

L'enveloppe budgétaire globale du projet a été de \$135 000 000. Ce budget inclus le terrain, la construction du bâtiment et tous les aspects administratifs associés à la réalisation de ce type de projet immobilier.

2.2.4 Partenaires

Les sociétés Arbora Griffintown inc. et GrifAldo sont formées des partenaires suivants : Sotramont, ALDO, Carterra et LSR Gesdev.

2.2.5 Défis et risques généraux

L'évaluation du risque associé au PCI était « moyen », car Sotramont n'était pas à son premier projet avec l'utilisation du PCI. La firme d'architecte Provencher Roy agissait à titre d'animateur, et avait déjà effectué des PCI. Le risque se situait principalement au niveau d'un ensemble d'intervenants qui avait peu ou aucune expérience en PCI. Dans le domaine du multi-résidentiel les acteurs sont souvent à leur première expérience avec ce type de méthode. Donc le défi et/ou le risque d'utilisation de la méthode PCI résidait principalement dans l'acceptation d'une méthode alternative de travail, qui allait possiblement se traduire par des délais additionnels dans l'avancement de la conception sans résulter à des bénéfices concluants, ce qui aurait permis une meilleure qualité de construction et de projet, en fin de réalisation.

Pour l'évaluation du risque financier, en considérant l'adoption du CLT comme structure de bâtiment, grâce au savoir-faire faire et à la réputation de Sotramont, le risque a été minimisé. En plus, le regroupement d'un ensemble de partenaires a contribué à minimiser ce risque. Pour l'approche promotion immobilière, la mixité de la typologie a grandement atténué le risque du projet. Il est vrai que l'équité requise par l'ensemble des partenaires, étaient plus élevé en fonction de l'approche locative, mais par contre, la profondeur du marché locatif résidentiel dans le secteur Griffintown, a permis la réalisation du projet à un rythme plus accéléré. Ceci s'est traduit par l'utilisation des fonds propres sur un plus court laps de temps, et donc une amélioration du retour sur l'investissement.

3. Détails de l'étude

3.1 Introduction et hypothèses de départ

Le présent rapport présente les étapes pour l'approche de Processus de Conception Intégré pour la phase B, et les conclusions qui en ont découlées pour les phases B et C.

À notre connaissance, les promoteurs-constructeurs québécois ayant fait appel à la méthode de PCI pour leurs projets, sont à toutes fins pratiques inexistant. Cette volonté d'utilisation a été avancée par Sotramont et la firme d'architecte Provencher Roy, qui avait déjà travaillé avec cette méthode non traditionnelle.

Nous adresserons l'ensemble des étapes qui ont été réalisées pour ce PCI, et qui ont contribué à faire du projet Arbora une réussite quant à la performance technique, financière et qualitative.

3.2 Objectifs

Utiliser la méthode non traditionnelle de travail de Processus de Conception Intégré pour ainsi regrouper un ensemble d'intervenants non traditionnel en début de projet pour promouvoir la collaboration, s'assurer d'un état d'esprit gagnant-gagnant, de miser sur la multidisciplinarité et les synergies d'équipes.

3.3 Méthodologie

Sous l'égide de la firme d'architecture Provencher Roy (PRAA) et de son coordonnateur PCI - William Gagnon, un ensemble d'intervenants et spécialistes ont été regroupés sur une période d'environ deux mois. Un processus établi sur des rencontres de 5 Charrettes a regroupé les intervenants des organisations suivantes : Sotramont (STM) – Promoteur-Constructeur, Bouthillette Parizeau (BPA) – Ingénieurs Mécanique-Électrique, MJM Conseiller en Acoustique (MJM) - acousticien, Nordic (NRD) – Fournisseur et Ingénieur CLT, L2C Experts Conseils (L2C) –Ingénieur Structure, Conseil en Laboratoire et Enveloppe du Bâtiment (CLEB) – Ingénieur enveloppe du bâtiment. Des spécialistes ont été invités à certaines Charrettes, notamment l'entrepreneur en plomberie, en gypse et en contrôle.

3.3.1 PCI – méthodologie

Le PCI recherche l'optimisation des solutions par l'utilisation d'une synergie d'équipe et des systèmes. À fin d'atteindre ce but, l'équipe de professionnels qui établit le concept doit comprendre et considérer l'ensemble des interactions, pour les systèmes et ceci de manière globale et non individuelle. La compréhension des systèmes et de leurs effets entre eux, doit être favorisée et facilitée, et ceci avec la participation d'un nombre d'intervenants hors du commun. De plus, des consultants-spécialistes seront présents lors d'ateliers qu'on surnomme Charrettes. Le PCI est en fait, la résolution de problèmes de conception en amont (plutôt que pendant ou en aval) afin d'obtenir une conception et résultat optimal ceci non seulement avec le produit fini, mais en considérant le cycle de vie complet du projet. Ainsi par le PCI on va à l'opposé de la méthode traditionnelle, qui se conclut seulement par une conception fonctionnelle.

Le projet Arbora présentait une opportunité unique de pouvoir optimiser la conception et la construction à l'intérieur de trois phases de construction. Le premier bâtiment a été conçu selon une approche traditionnelle (principes de base) et sur une base de connaissances limités et basé principalement sur une approche de construction en béton. Plusieurs ajustements ont été apportés lors de la conception du deuxième bâtiment, selon l'expérience acquise lors de la construction du premier bâtiment. Et finalement, le processus de conception intégrée, adopté entre la 2^e et 3^e phase allait permettre, idéalement de raffiner les solutions (vers des solutions optimales) et de définir les bonnes pratiques pour la conception et la construction de bâtiments en bois massif, notamment pour des unités d'habitation. À noter que ces développements et itérations n'auraient pas eu la même approche pour un bâtiment en béton.

3.4 Résultats et analyse

3.4.1 Le PCI et ses solutions

Le PCI et les solutions qui en ont découlées, ont été développé par la synergie de l'équipe d'intervenant du projet Arbora. L'expérience de Sotramont pour le projet TOD à ville St-Laurent, son savoir-faire pour les PCI sur d'autres projets, et son expérience chantier de la phase A, a grandement contribué à l'obtention de solutions.

L'objectif était d'augmenter la performance de la phase A, pour assurer une meilleure qualité de vie pour ses résidents, et faire avancer la cause des structures de bois massif.

Le tableau suivant décrit les activités de développement propres à chaque phase. Selon la base de connaissance actuelle, chaque item ci-dessous constitue une innovation. Pour approfondir et maximiser les résultats du projet, après le début de la Phase B, l'approche PCI a été amorcée. Nous retrouvons ici-bas les items énoncés comme base initiale pour amorcer le PCI :

Phase	Éléments d'innovation
1	<ul style="list-style-type: none"> ○ Coordination <ul style="list-style-type: none"> - Cadwork (Nordic) + Revit (professionnels MEP et métaux ouvrés) + NavisWork (Sotramont) ○ Installation <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'une grue mobile (initialement) vs. une grue à tour (au final) - Utilisation d'une zone tampon pour l'entreposage de composants ○ Architecture <ul style="list-style-type: none"> - Développement et élaboration des détails acoustiques (planchers, murs intérieurs et extérieurs) - Étanchéité des éléments de bois pour les balcons et les loggias - Étanchéité des murs extérieurs de contreventement - Étanchéité : membrane scellant à chaque joint CLT et essais d'infiltrométrie - Développement de systèmes coupe-feu - Analyse du positionnement du point de rosé par rapport à l'isolation ○ Structure <ul style="list-style-type: none"> - Système de poteaux et poutres avec dalles de CLT - Développement de détails types : métaux ouvrés, balcons, linteaux, ascenseurs, ancrages - Sécurité incendie : analyse de la résistance au feu du système - Analyse latérale (forces sismiques et vent) et conception des ancrages de retenue verticale - Murs de refend et diaphragmes de plancher en CLT - Système d'ascenseur adaptés à la structure en bois - Développement d'un système de lavage de vitres adapté à la structure en bois ○ Mécanique-Électricité-Plomberie <ul style="list-style-type: none"> - Percement pour les éléments horizontaux (grosseur des trous, position dans la poutre, ...) - Coordination in-situ pour la perforation (pas de percements l'usine) - Manchonnages et percements pour les éléments électromécaniques verticaux
2	<ul style="list-style-type: none"> ○ Coordination <ul style="list-style-type: none"> - Cadwork (Nordic) et Revit (pour tous les acteurs) - Développement en projet de conception intégrée (PCI); conception en amont en partie, car projet déjà amorcé ○ Général <ul style="list-style-type: none"> - Changement de l'équipe de conception et parties prenantes : architecture et génie électromécanique - Toit temporaire au 5^e étage (membrane temporaire). Cela permettra de débiter le système intérieur plus rapidement - Les éléments des systèmes MEP verticaux seront intégrés dès le début de la construction - La séquence des sous-traitants est optimisée afin de fermer le bâtiment plus rapidement ○ Installation <ul style="list-style-type: none"> - Logistique selon un espace d'entreposage réduit (bâtiment plus grand et espace disponible plus petit) - Utilisation des systèmes double-portée pour réduction du temps d'installation avec recoupage sur chantier - Stratégie de décalage des joints pour faciliter les percements et éviter les éléments métalliques d'attache - Préfabrication : usinage des percements à l'usine ○ Architecture <ul style="list-style-type: none"> - Optimisation de tous les détails acoustiques; amélioration de la qualité d'exécution - Optimisation des systèmes d'assemblage pour les éléments de l'enveloppe et fermer plus rapidement le bâtiment - Coordination du passage des composantes électriques à l'intérieur des unités et l'intégration des ceux-ci à l'intérieur des murs extérieurs dû aux éléments structuraux en bois

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Structure <ul style="list-style-type: none"> - Forme du bâtiment en « L » - Analyse latérale complexifiée avec présence d'un mur coupe-feu, contre-vérification et modélisation - Comportement différent des deux sections (déplacement des systèmes) - Optimisation de la conception des métaux ouvrés et de la procédure d'installation ○ Mécanique-Électricité-Plomberie <ul style="list-style-type: none"> - Intégration de tous les éléments électromécaniques à partir du début avec l'installation des manchons métalliques pour surélever les supports d'éléments verticaux - Développement d'une procédure pour réduire le diamètre des percements pour les poutres lors du passage des éléments horizontaux
3	<ul style="list-style-type: none"> ○ Coordination <ul style="list-style-type: none"> - Cadwork (Nordic) - Développement en projet de conception intégrée (PCI); conception en amont - Utilisation d'un intégrateur BIM chez Sotramont - Développement d'une stratégie de préfabrication à laquelle les éléments MEP seront intégrés à la phase de conception ○ Général <ul style="list-style-type: none"> - Raffinement des solutions et optimisation - Implantation d'une stratégie de réduction de temps d'installation selon un ajustement de la coordination des équipes de travail. ○ Installation <ul style="list-style-type: none"> - Développement d'une stratégie pour l'installation des ascenseurs afin d'accélérer une livraison étage-par-étage ○ Architecture <ul style="list-style-type: none"> - Développement de nouveaux assemblages acoustiques pour atténuer le bruit de flanquement sur les murs de refend - Développement de nouveaux assemblages acoustiques pour les systèmes MEP centralisés - Acoustique : optimisation des murs de contreventement CLT extérieurs conducteurs de son ○ Structure <ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la quantité des métaux ouvrés en modifiant le sens structural de la structure en bois - Développement d'une trame structurale adaptée à la structure de bois et distincte à celle qui est utilisée pour la fondation en béton (changement du sens des dalles; dalle de béton sur-épaisse) - Développement d'un système de lavage de vitres adapté à cette structure en bois - Hauteur des poutres en fonction des percements ○ Mécanique-Électricité-Plomberie <ul style="list-style-type: none"> - Définition de pré-percements types par Nordic et accommodement par les ingénieurs mécanique - Changements dans la conception dus à la nouvelle orientation des dalles (conception mécanique facilitée) - Incorporation d'une approche centralisée (vides techniques verticaux) pour éviter la circulation horizontale; éléments verticaux électromécanique au fur et à mesure

3.4.2 Cédule de PCI

Le PCI de Arbora a résulté par un total de 5 Charrettes. On retrouve ci-dessous la cédule de ces rencontres et les grands thèmes. L'objectif de cette information, est d'aviser le lecteur de la démarche précise suivie par le coordonnateur PCI, pour le projet Arbora.

01	2017-04-28	Réunion de démarrage post-mortem PCI Bâtiments A et B
02	2017-05-16	Présentation des options étudiées
03	2017-05-30 (9h)	Blocage d'une proposition de simulation des systèmes mécanique et structural et exploration PFT
04	2017-06-07 (9h)	Validation des systèmes mécanique et structural et validation PFT
05	2017-06-21 (9h)	Provisoire. Validation générale des systèmes par l'équipe PCI élargie.

4. Conclusions

4.1 Résultats probant de la démarche PCI

Les résultats principaux du PCI, avec un lien avec le CLT, sont énumérés ci-dessous, en spécifiant si la conclusion s'apparentait à la phase B ou C.

**1. Analyse latérale complexifiée avec présence d'un mur coupe-feu, contre-vérification
Et modélisation B**

- Cette analyse est retrouvée dans le rapport soumis par Sotramont et L2C – s'y référer pour les détails.

- **2. Optimisation de la conception des métaux ouvrés et de la procédure d'installation B**
Diminution de la quantité des métaux ouvrés en modifiant le sens structural de la structure en bois C
 Afin de simplifier la structure et ne pas imposer trop de charge sur la dalle en CLT, éviter le parement en briques au-dessus de la terrasse du niveau 4. Un parement léger sera privilégié.

- **3. Développement d'une procédure pour réduire le diamètre des percements pour les poutres lors du passage des éléments horizontaux - B**
Poutres
 Minimiser la hauteur des poutres afin de maximiser la hauteur de plafond, surtout si aucun perçage n'est requis. Il relève de la responsabilité du sous-traitant de s'assurer que les percements dans les dalles respectent les contraintes de la structure. BPA s'assure de la quantité de percements nécessaires et Nordic produit la charte des percements.

- **4. Annexe Sotramont pour l'inclusion aux contrats de sous-traitants et la méthode PCI - B et C**
 Copie de l'annexe se retrouve, en annexe de ce document.

- **5. Implantation d'une stratégie de réduction de temps d'installation selon un ajustement de la coordination des équipes de travail. C**
 Dans le cas du bâtiment A, le manque de coordination par rapport aux éléments préfabriqués a causé une augmentation des coûts et des délais. Une meilleure coordination pré construction est visée pour la phase C.

Alignement et unités type
 Éviter la singularité, qui a complexifié la coordination dans les phases précédentes. Privilégier une trame structurale répétitive pour le même type d'unités, ce qui facilitera aussi l'alignement des systèmes mécaniques. L'uniformité des unités est plus facilement envisageable en raison de la vocation locative. Tenir compte des alignements verticaux afin d'éviter les ajustements en chantier.

- **6. Acoustique : optimisation des murs de contreventement CLT extérieurs conducteurs de son C**
 Selon les analyses, la transmission du bruit se fait probablement par flanquement dans le mur extérieur, par les poutres de rive et les poutres et colonnes interlogements. La solution proposée consiste à doubler le gypse de soufflage pour le mur extérieur; devra être testée pour vérifier l'efficacité car il s'agit d'une solution coûteuse (mock-up à prévoir en chantier). S'assurer que les panneaux de gypse soient en contact avec le panneau d'appui.

- **7. Développement d'une trame structurale adaptée à la structure de bois et distincte à celle qui est utilisée pour la fondation en béton (changement du sens des dalles; dalle de béton sur-épaisse) C**
Conception préfabriquée - Repenser la conception. Concevoir les unités en fonction de la préfabrication (plans répétitifs) pour assurer une uniformité et minimiser les conditions particulières et les coûts de construction.
Alignement transversal des poutres - Colonnes de transfert pourraient être reculées dans les unités, ce qui faciliterait la distribution de la mécanique dans les corridors.
Alignement en façade des poutres - Rendu possible si les sorties mécaniques se font en toiture. Élimine la nécessité de linteaux structuraux pour la brique. Valider les coûts liés aux supports des linteaux en acier dans la phase A afin de déterminer si l'option de les remplacer par une poutre en bois est intéressante. Nordic doit évaluer la possibilité de créer des pentes de toiture dans la dalle de CLT au toit afin de minimiser l'utilisation d'isolant de pente. PRAA doit évaluer les répercussions sur la valeur R en toiture.

- **8. Définition de pré-perçements types par Nordic et accommodement par les ingénieurs mécanique C**

Perçements dans les dalles

Autant que possible, essayer de concentrer les puits mécaniques près des ascenseurs.
Les perçements devront être espacés de l'équivalent de deux fois le diamètre de ceux-ci.

- **9. Incorporation d'une approche centralisée (vides techniques verticaux) pour éviter la circulation horizontale: éléments verticaux électromécanique au fur et à mesure C**

Systèmes intérieurs

Éviter les poutres apparentes proches de laveuses-sécheuses et garde-robes.
Préférer un plafond suspendu à attachements ponctuels plutôt que continus pour les salles de bain, cuisines et salons.

Défi mécanique de l'alignement horizontal

Le perçement des poutres en chantier a augmenté de manière significative le nombre d'heures requises pour la construction. Coordonner autant que possible les perçements avant l'émission des plans pour soumission.

Coordination du travail de génie mécanique en processus de conception intégrée

BPA explique qu'il est plus simple pour eux de travailler lorsque le dessin en architecture et en structure est relativement avancé. STM propose que le travail en mécanique soit plus avancé afin de se rapprocher du principe du PCI, où on cherche à identifier les problèmes avant qu'ils ne surgissent, en aval. STM veut qu'on profite de cette chance de créer une itération plus performante des phases précédentes. BPA demandent les détails d'enveloppe, de fenêtres, le positionnement des blocs sanitaires, la programmation commerciale ainsi que l'aménagement des unités types.

Pour l'analyse de l'item 9, PRAA a procédé à une grille d'évaluation. Nous reproduisons, ici-bas cette grille avec sa conclusion.

TABLEAU 1 : évaluation des propositions structurales par les différentes disciplines Proposition	NORDIC	BPA	PRAA	L2C	STM	TOTAL
A1	7.5 : + Perçements de corridors peu avantageux.	7 : + doubles poutres présentent un avantage	8 : + détails déjà connus, aussi plus facile pour les aménagement	10	+ l'acoustique a déjà été testée dans les phases précédentes pour cette configuration	8.125
A2	7 : - plus de volume de bois donc plus coûteux	9 : + doubles poutres présentent un avantage	8	9	+ l'acoustique a déjà été testée dans les phases précédentes pour cette configuration	8.25
B1	7 : - pas possible en architecture, plafonds trop bas	6.5	6 : - hauteur de plafond trop faible, impossible	9	+ facilité de construction	7.125
B2	8 : + plus économique avec volume de bois réduit, mais pas de porte-à- faux	7.5	7 : - travail plus important pour gérer les inconnus, perte de possibilité de faire des porte- à-faux.	9	+ facilité de construction	7.875

L'option A2 est retenue comme étant la plus intéressante, puisqu'elle permet le passage des conduits de climatisation dans le plafond des corridors (contrairement aux phases précédentes, les condenseurs sont centralisés au toit).

10. Mur Coupe Feu Bâtiment C

La superficie maximale sans obtention de mesures différentielles est de 1500 m². Le projet est actuellement à 1560 m². Le mur coupe-feu a été placé à un endroit stratégique d'un point de vue architectural et d'aménagement. La RBQ confirme par écrit que le mur coupe-feu n'est pas requis dans le cas du bâtiment C puisque la superficie du bâtiment dépasse de moins de 5% la superficie maximale tolérée pour ce genre de construction.

4.2 Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie

Les points suivants énoncent les principales retombées en lien avec les solutions développées ainsi que leur rayonnement potentiel.

Démonstration de l'utilisation du Processus de Conception Intégré, pour la construction d'un édifice en bois massif résidentiel mixte, de très grande envergure, et de la grande qualité de sa construction.

Démonstration de la pertinence de la mise en application du CLT lors de la construction des bâtiments multi-résidentiels mixtes, et de son succès financier.

Démonstration de multiples conclusions de maximisation de performance par la méthode de PCI, avec des méthodes simples adaptées au marché local.

Le projet Arbora est une référence quant à sa réalisation, en étant le plus vaste projet résidentiel en bois massif au monde, pour le nombre de pieds carrés bâtis.

Le projet Arbora est un projet unique, offrant à la fois une typologie de condominiums et d'unités locatives. Cette mixité de typologies a permis au projet de se faire connaître auprès d'un grand public et de vanter les avantages de la construction en CLT.

4.3 Recommandations

Les recommandations générées par l'usage non traditionnel de la méthode PCI ont été clairement formulées. Les améliorations des outils, techniques de construction, cédule de construction, structure d'un bâtiment. Le tout a débuté par une conception qui incorpore des solutions réalisables et pratiques. L'objectif est l'optimisation pour la construction des bâtiments en bois massif et ainsi leur mise en valeur au niveau du marché du consommateur.

L'expérience de la phase B et C, avec l'utilisation de la méthode PCI versus la méthode traditionnelle, s'est avérée satisfaisante et nous pouvons recommander le PCI pour ce type de construction et développement. Le PCI a généré un ensemble de conclusions, de par le travail en amont et la synergie du rassemblement des intervenants. Les conclusions qui ont découlées du PCI, ont culminées par des bâtiments plus bénéfiques, la création de valeur accrue, une augmentation de l'efficacité et la maximisation d'un ensemble immobilier.

5. Bibliographie

:

- www.batimatech.com/fr/le-processus-de-conception-integree-cest-quoi/
- www.strategiaconseil.ca/2018/07/31/le-processus-de-conception-integre-principes-et-accompagnement-vers-le-succes/
- www.sqi.gouv.qc.ca/BIM-PCI/Documents/PCI-Guide_V2.pdf
- ceracq.ca/wp-content/uploads/2015/03/Guide-conception-integree-CERACQ.pdf

PCI – Exemple d’annexe PCI inclus au contrat de sous-traitance avec Sotramont

Mode collaboratif : Intégration des entrepreneurs spécialisés clefs dans la conception du bâtiment, dans le but d’optimiser le projet.

Équipe de projet : Ensemble des intervenants du projet (professionnels, entrepreneur général, entrepreneurs spécialisés de toutes les disciplines, consultants, ...)

Entrepreneur spécialisé : Ce terme fait référence au sous-traitant identifié au contrat CCDC-17

- F.1. L’Entrepreneur spécialisé doit fournir une liste des suggestions d’optimisation, selon les plans d’Arbora phase C.
- F.2. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à être un membre à part entière de l’Équipe de projet.
- F.3. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à agir à titre de consultant concepteur pour les professionnels du projet.
- F.4. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à participer aux différentes réunions de conception, de coordination et de planification du projet.
- F.5. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à partager son expertise, son savoir et ses expériences vécues avec l’Équipe de projet.
- F.6. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à proposer les façons de faire les plus optimales ainsi que les produits, matériaux et équipement avec les meilleurs rapports qualité-prix.
- F.7. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à orienter la conception du projet en tenant compte de la qualité et de la durée de vie de ses systèmes.
- F.8. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à impliquer ses fournisseurs afin d’avoir les meilleurs prix possibles.

- F.9. L’Entrepreneur spécialisé s’engage à dessiner une maquette dans le logiciel REVIT afin de la présenter et de la coordonner avec l’Équipe de projet selon le plan de gestion BIM établi.

- F.10. L'Entrepreneur spécialisé s'engage à modifier la maquette REVIT selon les rapports de détection de conflit qui seront émis par Sotramont.
- F.11. L'Entrepreneur spécialisé s'engage à présenter toute la documentation technique de ses produits, ses matériaux et ses équipements à l'Équipe de projet.
- F.12. L'Entrepreneur spécialisé s'engage à coordonner ses systèmes avec l'Équipe de projet afin d'éviter les conflits en chantier.
- F.13. L'Entrepreneur spécialisé s'engage à signaler les erreurs et les oublis aux plans qui concerne sa discipline en cours de conception.
- F.14. L'Entrepreneur spécialisé s'engage à ne pas réclamer d'extras en cours de construction liés à un oubli aux plans, une erreur de conception, une mauvaise coordination ou pour tout autre raisons en lien avec la conception et la planification du projet.
- F.15. L'Entrepreneur spécialisé sera en droit de réclamer des extras dans les cas où le Maître d'œuvre demande explicitement un changement en cours de conception ou si des conditions hors de son contrôle endommagent son ouvrage ou nuit à la progression de ses travaux (Ex : conditions de chantier difficiles, autres sous-traitants, météo, vandalisme, ...).

, Sotramont

Date : _____

_____, sous-traitant

Date : _____