



CONSTRUCTION 2.0 L'EFFICACITÉ PAR LE NUMÉRIQUE

RAPPORT FINAL

Avec la participation de

*Finances
et Économie*

Québec 

Contech
BÂTIMENT

Pour enrichir
votre expertise
et votre réseau
de contacts

CERACQ
Centre d'études et de recherches
pour l'avancement de la construction au Québec

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	4
CONTEXTE	5
RECHERCHE	6
OBJECTIF	7
En route vers la mobilité	7
La mobilité en construction	8
Les technologies mobiles chez les entrepreneurs américains	10
RÔLE DES TECHNOLOGIES MOBILES EN CONSTRUCTION	13
Investissement	13
Communication	13
Technologies numériques en appui aux communications sur les chantiers	14
Processus de travail	14
TECHNOLOGIES MOBILES DANS LES ENTREPRISES DE CONSTRUCTION DU QUÉBEC .16	
L'expérience des utilisateurs	17
Les plateformes les plus utilisées	18
LES ENTREPRISES INNOVANTES	20
L'adoption des technologies mobiles	20
Méthodes d'apprentissage	21
Motivation des entreprises	22
L'influence des technologies mobiles sur les communications	22
Les bénéfices associés à l'usage des technologies mobiles dans la construction	24
Les usages des technologies mobiles	26
Facteurs limitant la pleine utilisation	27
Principaux obstacles à l'intégration des technologies mobiles	28
Le futur des technologies mobiles	29
Avis d'experts – Pomerleau	31
Avis d'experts – Hydro-Québec	31
LES APPLICATIONS MOBILES	32
LES APPLICATIONS EN USAGE	34
Les applications mobiles utilisées au Québec.....	34
Les applications en usage aux États-Unis	35
Comparaison entre l'industrie québécoise et américaine de la construction	37
DÉFIS	38
La recherche-développement (R-D) dans l'industrie de la construction	38
Les PME et l'innovation	38
La gestion du changement	39
RECOMMANDATIONS	41
CONCLUSION	42
CAS D'ENTREPRISES	43
BIBLIOGRAPHIE	60

CONSTRUCTION 2.0 – L'EFFICACITÉ PAR LE NUMÉRIQUE

COLLABORATION

ÉQUIPE DE RECHERCHE

Daniel Forgues

Ph. D., professeur titulaire, Département de génie de la construction, ÉTS, Montréal

Souha Tahrani

Ph. D., associée de recherche, ÉTS, Montréal

Sébastien Frenette

B. Ing., étudiant à la maîtrise, ÉTS, Montréal

ÉQUIPE DE PROJET

Josée Beaudoin

Vice-présidente, Innovation et Transfert

CEFRIQ

Supervision du projet

Guillaume Ducharme

Directeur des communications et des relations avec les partenaires

CEFRIQ

Coordination du projet

ÉQUIPE D'ÉDITION

Annie Lavoie

Conseillère en communication, CEFRIQ

Mise en page et coordination de l'édition

Tony Bureau

Révision linguistique

Dépôt légal : 2014

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN (PDF) : 978-2-923852-46-1

Ce numéro peut être consulté en ligne ou téléchargé en format PDF dans la section « Publications » du site Web du CEFRIQ : www.cefrio.qc.ca.

L'information contenue aux présentes ne peut être utilisée ou reproduite à moins d'une autorisation écrite du CEFRIQ.

Photo de la couverture :
iStock/© Berc

Autres photos :
iStock/© Jokic
Shutterstock/© ndoeljindoel
Shutterstock/© LDProd
Shutterstock/© Kuzma

SOMMAIRE

De nombreuses études et recherches le démontrent, la construction souffre de problèmes de productivité, de prédictibilité (coûts et échéancier) et de qualité du produit fini. Ces problèmes sont liés à la forte fragmentation de cette industrie ainsi qu'à la nature temporaire des projets, dont l'objectif est la livraison d'un produit unique. Le processus de réalisation de ces projets est principalement centré sur une production et un échange intensif d'informations permettant la conception et la réalisation de ce produit. C'est pourquoi les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont considérées par les spécialistes et les chercheurs comme la solution à tous ces enjeux.

Cependant, cette industrie demeure frileuse dans ses investissements en TIC. Jusqu'à récemment, les solutions proposées souffraient elles-mêmes d'un manque d'intégration, et l'impossibilité de revoir certaines pratiques désuètes, due à la nature même de cette industrie, était un frein à l'adoption de TIC permettant une gestion intégrée de l'information de projet.

L'avènement de la modélisation des données d'un bâtiment (le *Building Information Modeling*, communément appelé BIM) est une percée importante dans l'intégration de la gestion de l'information dans l'ensemble du cycle de vie du projet. Le concept du BIM est simple : produire et échanger l'ensemble de l'information de projet dans une base de données unique et partagée. Cette solution pose toutefois un défi important sur les chantiers, l'endroit où l'échange d'information est le plus intense. Les technologies BIM requièrent des ordinateurs puissants et ne sont utilisables que par des spécialistes aguerris, deux conditions qui restreignent considérablement leur utilisation sur les chantiers.

Les technologies mobiles et l'infonuagique (*cloud computing*) ouvrent des possibilités intéressantes pour la suppression de cette barrière. Il est maintenant possible, à l'aide des tablettes et des téléphones intelligents, d'accéder à l'ensemble de l'information relative au projet et au produit à livrer, et d'y apporter des modifications.

Ce rapport dresse un portrait des avancées récentes dans ce domaine au Québec, à partir d'une enquête provinciale et d'une série d'entrevues conduites auprès de 14 entreprises pionnières en la matière. Il a pour objectif la sensibilisation des acteurs de l'industrie aux avantages substantiels que les différentes spécialités peuvent tirer de l'adoption des technologies mobiles, tout en servant de guide pour l'intégration de ces dernières dans leurs pratiques d'affaires. Il se termine en présentant des cas d'entreprises ayant intégré l'usage des technologies mobiles dans leurs activités.

Bonne lecture!

CONTEXTE

L'industrie de la construction est un secteur clé pour le Québec : employant 5 % de la main-d'œuvre de la province, elle représentait en 2012 des investissements de 52 milliards de dollars, soit 14 % de son PIB¹. En dépit du fait que le secteur de la construction baigne dans un environnement d'instabilité cyclique et saisonnière, la fragmentation de l'industrie est certainement son plus grand défi. Environ 82 % des entreprises ont 5 salariés ou moins, mais celles-ci ne représentent que 20 % de la masse salariale versée, alors que 4 532 employeurs ont plus de 5 salariés et versent 80 % des salaires². Cette fragmentation a comme effet de complexifier les interactions au sein des équipes de travail, de même que la production et le partage de l'information. Se décrivant comme un processus davantage qu'une industrie, le secteur de la construction a pour particularité de réunir temporairement des organisations pour la réalisation d'un projet de construction, ce qui a un effet sur la coordination des équipes de réalisation et de gestion [2].

Une solution préconisée par les chercheurs et experts du domaine pour pallier cette fragmentation et la nature temporaire des équipes de projet est la création, à l'aide des technologies de l'information et de la communication (TIC), d'un environnement virtuel intégré pour la gestion de l'information. Vecteurs de changement, les TIC peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration de la productivité, de la prédictibilité et de la qualité des projets de construction.

Toutefois, les coûts d'implantation de telles plateformes et l'absence d'incitatifs pour le faire représentent un véritable frein à leur adoption, considérant la petite taille de la majorité des entreprises et le peu de ressources dont elles disposent.

Néanmoins, le foisonnement des technologies mobiles à faible coût pourrait apporter une solution attrayante à ces problèmes, et jouer un rôle prépondérant pour l'amélioration de la communication et de la collaboration au sein des équipes de projet.

La combinaison du prix abordable de ces appareils, de leur puissance et de l'apparition de nouveaux réseaux sans fil performants laisse présager des perspectives intéressantes pour la création de nouvelles méthodes de gestion de l'information, entraînant des changements en profondeur dans l'exécution des projets de construction [3]. Selon l'enquête *NETendances 2013*, l'adoption massive des téléphones intelligents (42%) et des tablettes (27%) par la population adulte québécoise suscite de nouvelles interrogations sur l'utilisation de la technologie mobile dans le contexte du travail, notamment dans l'industrie de la construction³.

¹ Source : Commission de la construction du Québec, « L'industrie en chiffres », [En ligne].
http://www.ccq.org/B_IndustrieConstruction.aspx?sc_lang=fr-CA&profil=GrandPublic] (Consulté le 15 février 2014).

² Source : Ibid

³ Source : CEFRIO, *NETendance 2013, Équipement et branchement Internet des foyers québécois*, volume 4 , numéro 2, (<http://www.cefrio.qc.ca/netendances/equipement-branchement-2013/>), consulté le 24 août 2013

RECHERCHE

Le secteur de la construction se caractérise par le fait que chaque projet demande la création d'une coalition de firmes de différentes spécialités, réunies temporairement pour concevoir et construire un produit unique. Les aspects de ce dernier n'étant pas tous connus au départ, ils doivent donc être définis en cours de réalisation. La majorité des tâches consiste alors à produire et à partager de l'information, à décrire le produit souhaité et à établir les instructions pour le réaliser.

L'industrie de la construction se distingue des autres secteurs par le fait qu'une grande partie du processus de gestion de l'information s'exécute sur des supports papier. Que ce soit pour un bâtiment ou des travaux de génie civil, la phase de réalisation est de loin celle qui consomme le plus d'information et qui, malheureusement, est la moins informatisée. Selon des recherches récentes, la difficulté à accéder rapidement à l'information est l'une des causes de l'écart important de productivité entre la construction et les autres industries [4-6].

Les technologies mobiles, même si elles ne peuvent pas résoudre l'ensemble des problèmes dans la gestion de l'information, offrent de nouvelles possibilités dans le processus d'échange d'informations dans le cycle d'un projet, particulièrement au cours de la phase de sa réalisation.

OBJECTIF

Les dernières études quantitatives canadiennes concernant l'usage des technologies informatiques dans le secteur de la construction remontent aux années 2000, et correspondent aux travaux réalisés par Rivard [7]. Depuis lors, peu d'information liée à la connaissance de la situation réelle des technologies dans l'industrie a été répertoriée. C'est notamment le cas de l'usage des technologies mobiles, dont le taux d'utilisation demeure incertain [5]. Ce projet se veut une exploration de l'utilisation et du potentiel des technologies mobiles dans le contexte de l'industrie de la construction du Québec, tant du point de vue des processus que sur le plan des interactions entre les différents intervenants. Plus précisément, il vise à déterminer l'apport des plateformes mobiles dans la fluidité du processus de travail parmi les intervenants du secteur de la construction. L'objectif principal du présent rapport est donc de dresser un premier portrait de l'utilisation des technologies mobiles. Son objectif secondaire est de documenter les pratiques émergentes liées à l'usage des technologies mobiles par l'intermédiaire des téléphones intelligents et des tablettes numériques, tout en prenant en considération d'autres TIC et Internet.

EN ROUTE VERS LA MOBILITÉ

Au cœur de l'action, il devient parfois difficile de prendre le recul nécessaire pour se rendre compte à quel point le travail de production et d'échange d'information dans le déroulement des projets de construction est intense [8]. Selon Winch [9], l'administration et le cheminement de l'information permettant l'atteinte des objectifs fixés représentent l'essence même de la gestion des projets de construction. L'accomplissement de ce mandat comporte deux défis imposants : 1) la qualité de l'information produite et utilisée sur le projet de construction; 2) les moyens par lesquels cette information est communiquée et partagée parmi l'équipe de projet [8]. L'évolution des technologies au cours des dernières décennies a entraîné des changements importants grâce à une croissance marquée de l'usage des ordinateurs et des logiciels pour la conception assistée par ordinateur (CAO).



Figure 1 – Technologies mobiles sur les chantiers

Toutefois, quoique la CAO ait permis la production d'information sous un format électronique, son influence s'avère très limitée en matière de gestion et de partage d'information. Les recherches récentes concernant les NTIC ont ouvert de nouvelles possibilités quant à la facilitation de cet échange d'information au sein des équipes de projet, et ce, à des coûts plus intéressants.

L'avènement des technologies mobiles offre des solutions à moindre coût pour faciliter le partage de l'information au sein des projets de construction. Cependant, l'usage de ces outils reste limité et n'est pas orthodoxe dans l'industrie. Leur apparition amène des possibilités de modernisation de la communication, de la collaboration et du recensement de l'information en temps réel grâce à l'usage du numérique. Néanmoins, le secteur de la construction est reconnu pour avoir un processus d'intégration lent et une attitude réfractaire aux changements [10, 11]. Ce manque d'ouverture des acteurs de l'industrie s'explique par la rareté des exemples de réussite d'intégration des technologies mobiles en construction [11].

CITATION : Le potentiel des technologies mobiles

« Grâce à l'utilisation de l'iPad sur le chantier, nous avons diminué la paperasse de huit heures par semaine par employé [...]. »

– Julian Clayton, vice-président de la recherche et de la technologie chez Crescent Construction Services

Source : Apple, « iPad in Business – Crescent Construction Services », [En ligne].

[<http://www.apple.com/ipad/business/profiles/crescent-construction/>] (Consulté le 19 septembre 2013).

LA MOBILITÉ EN CONSTRUCTION

L'influence des technologies mobiles au quotidien représente un apport important dans l'organisation des activités, des relations interpersonnelles et, pour certains, dans le cadre de leur travail. L'intérêt pour l'utilisation de ces technologies peut mener à une augmentation de l'efficacité et de la productivité des entreprises. En évolution constante, elles ne cessent de surprendre et offrent désormais des possibilités inattendues d'accès à l'information. Néanmoins, leur adoption généralisée ainsi que leur intégration dans le processus de gestion des entreprises de l'industrie de la construction représente un avènement de taille, puisqu'elles appellent à une reconfiguration des processus de collecte, de traitement et de partage de l'information dans le cycle de construction. Étant donné leur apparition relativement récente, le manque d'études de cas et la perception d'un faible rendement de l'investissement ajoutent un frein à leur utilisation en situation réelle [11]. La nature temporaire des équipes de travail et la nécessité d'amortir les investissements sur un seul projet rendent difficile la justification des coûts liés aux investissements dans les technologies pour un projet. Cet enjeu freine le désir des entreprises à investir dans un remaniement de leurs processus de travail, incluant l'intégration des technologies mobiles dans un environnement virtuel intégré.

DÉFINITION : Qu'est-ce que la mobilité?

La mobilité est un terme générique utilisé pour faire référence aux outils qui permettent aux gens d'accéder à des données et à de l'information quel que soit l'endroit où ils se trouvent.

Source : Olivier Laquinte et Éric Dupont, « L'utilisation de la mobilité en gestion de projet », [En ligne], janvier 2013.

[<http://fr.slideshare.net/DexterIT/lutilisation-de-la-mobilit-en-gestion-de-projet>] (Consulté le 13 janvier 2014).

La communication et la collaboration sont des éléments essentiels à la réussite d'un projet de construction [12]. L'industrie de la construction représente un secteur axé sur la mobilité de sa main-d'œuvre, en raison de la dispersion de ses activités [4, 12]. Les récentes avancées en matière de technologies mobiles offrent donc de nouveaux moyens de communication permettant l'amélioration le partage et l'accès à l'information, précieux dans le processus de réalisation de projets de construction [4]. Les technologies mobiles peuvent jouer un rôle prépondérant dans l'augmentation de l'efficacité des projets de construction. Un article paru sur le site Web UKessays.com⁴ soutient que dans le contexte des chantiers de construction, les problèmes de communication sont exacerbés par le fait que les activités de recensement et de suivi de l'information reposent sur un processus manuel ou sur une utilisation individuelle des technologies mobiles. Par conséquent, le traitement de cette information nécessite selon l'article de nombreuses opérations

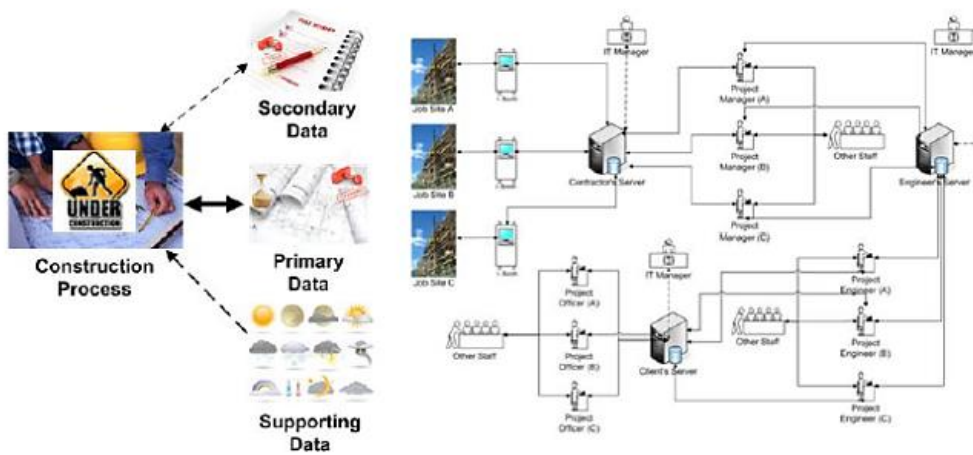
⁴ Source : UKessays.com, « Impact of Mobile Communication Technology in the Construction Industry », [En ligne].

[<http://free.ukessays.com/dissertations/construction/impact-of-mobile-communication-technology-in-the-construction-industry.php>] (Consulté le 25 août 2013).

supplémentaires afin que l'information soit introduite sur le poste informatique adéquat, ce qui altère la qualité de l'information. D'ailleurs, il a été démontré qu'une même information peut être entrée dans les logiciels de gestion des entreprises en moyenne sept fois en cours de projet [13]. Les recherches menées sur les TIC rapportent qu'elles permettent de faciliter cet échange d'information et de diminuer la redondance dans l'échange de l'information. Cet état de fait vient appuyer les travaux exécutés par Bowden [11] affirmant que les technologies mobiles peuvent aider à minimiser les délais et coûts de construction, en plus d'augmenter la qualité de l'information.

La **figure 2** illustre la relation fondamentale qui existe dans le contexte de projets de construction entre, d'une part, les données disponibles et celles recueillies sur le chantier, et d'autre part, le cycle de distribution de cet ensemble d'informations, le processus de gestion et de construction de projet [1]. Elle met en perspective les connexions entre les différents types d'informations et rôles occupés dans le processus de construction.

Figure 2– Relation entre les différents types de données et le processus de construction [1]



Un rapport produit par Forgues and Staub-French [14] indique que l'industrie canadienne de la construction possède une maturité très basse, comparativement à celle des États-Unis, en ce qui concerne l'usage des TIC dans le processus de mise en œuvre d'un projet. Toutefois, cette étude n'englobait pas les technologies mobiles, mais était plutôt orientée vers l'usage du BIM dans l'industrie de la construction pancanadienne.

Or, une comparaison avec des études liées à l'usage des technologies mobiles produites aux États-Unis laisse supposer qu'il existerait un écart entre les industries québécoise et américaine, en matière d'emploi de ce type de technologies [15, 16]. Une de ces études indique que les entreprises de construction américaines délaissent de plus en plus l'échange d'information papier au profit des technologies mobiles afin d'augmenter l'efficacité du cheminement de l'information⁵. Une autre étude soutient que l'usage de l'infonuagique représente une solution viable à ce problème, notamment en raison de la simplicité d'utilisation et de l'accessibilité à l'information⁶.

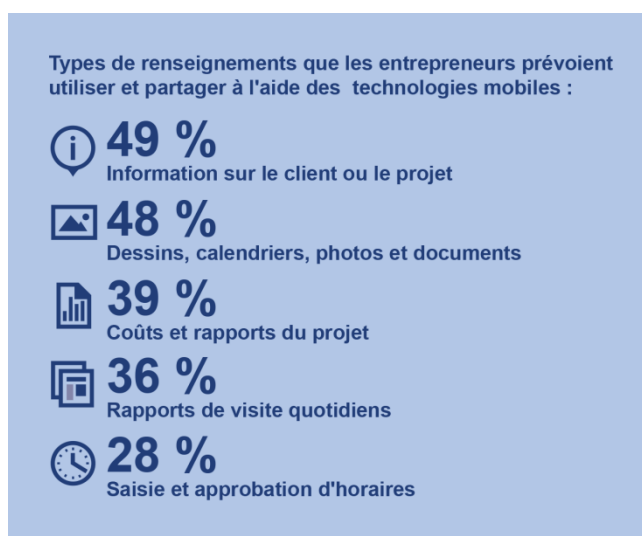
⁵ Source : Sage, *Go Where the Work Is: Enabling Mobility in Your Construction Firm*, [En ligne], 2012. [\[http://na.sage.com/~media/E85F22EF121846119E7153C24D9767B5.pdf\]](http://na.sage.com/~media/E85F22EF121846119E7153C24D9767B5.pdf) (Consulté le 6 septembre 2013).

⁶ Source : Sage, *Cloud Computing and the Construction Industry*, [En ligne], 2012. [\[http://na.sage.com/~media/CCA9F66BB3D34720B334565F840AD3E5.pdf\]](http://na.sage.com/~media/CCA9F66BB3D34720B334565F840AD3E5.pdf) (Consulté le 5 septembre 2013).

Une autre étude réalisée auprès de 400 firmes de construction américaines mentionne que 70 % de ces organisations utilisent déjà les technologies mobiles dans leurs activités et que 31 % de ces mêmes entreprises utilisent l'infonuagique dans une perspective de centralisation de l'information⁷. Cette enquête présente également les principaux usages des technologies mobiles. La **figure 3** met en perspective le type d'information que ces entrepreneurs souhaitent partager en utilisant ces plateformes.

De surcroît, une étude nationale conduite par le groupe FMI⁸ a mené au constat que 69 % des répondants utilisent des téléphones intelligents sur le chantier. Néanmoins, ce sondage rapporte qu'ils sont la plupart du temps utilisés pour accéder à des services de messagerie. Or, cette étude soutient que les technologies mobiles peuvent ajouter beaucoup plus de valeur aux projets par exemple en permettant la mise à jour des systèmes de gestion des entreprises grâce à l'acquisition d'information en temps réel.

Figure 3



LES TECHNOLOGIES MOBILES CHEZ LES ENTREPRENEURS AMÉRICAINS

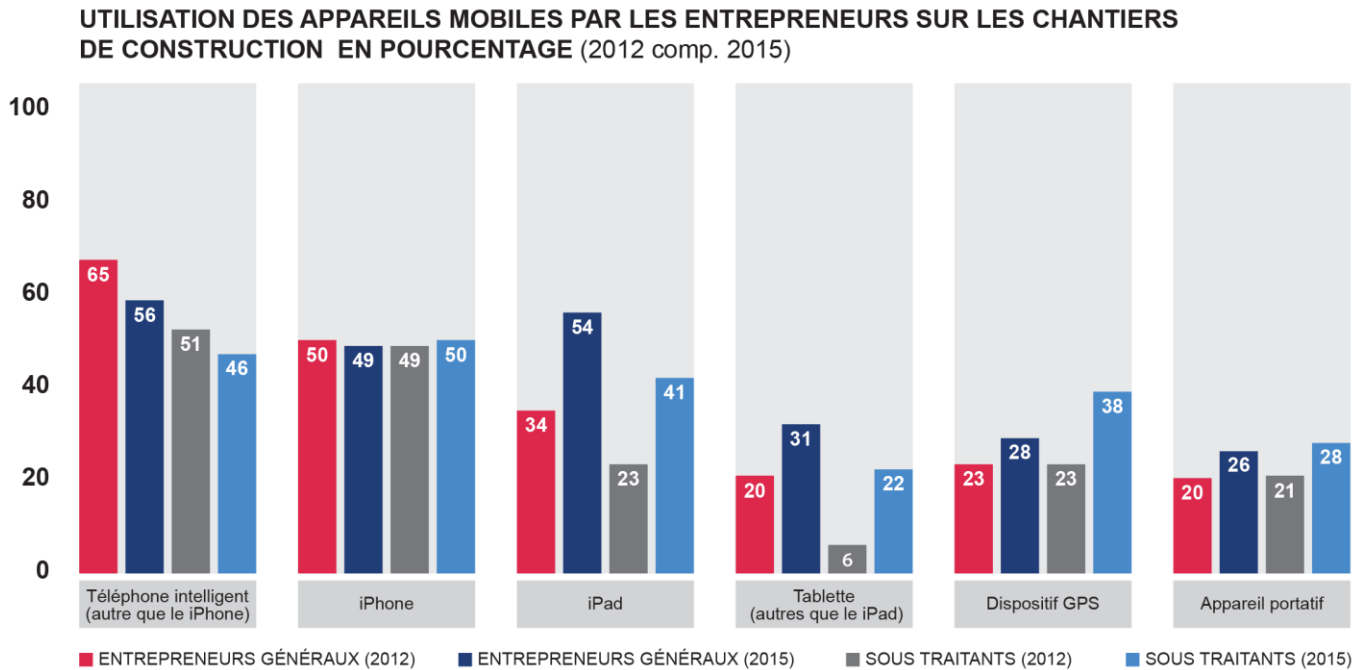
Un article de Bernstein et Russo paru dans ENR⁹ Bernstein and Russo [16] mentionne que l'utilisation des technologies mobiles augmente l'efficacité sur les chantiers de construction aux États-Unis, notamment au chapitre de la communication et de la résolution de problèmes. La **figure 4** affiche l'usage actuel des technologies mobiles sur les chantiers de construction et les prévisions en la matière d'ici 2015. C'est actuellement l'iPhone qui possède le plus haut taux d'utilisation sur les chantiers, mais on s'attend à une augmentation considérable de l'utilisation des tablettes iPad d'ici 2015. Ce constat laisse percevoir que les utilisateurs désirent obtenir une meilleure capacité de consultation de l'information grâce à un appareil plus puissant doté d'un écran plus grand qu'un téléphone intelligent. Il ne faut toutefois pas passer sous silence le fait que d'autres types de plateformes, comme Android, occupent une place importante, principalement sur les téléphones intelligents.

⁷ Source : Sage, *Sage 2013 Construction IT Survey*, [En ligne]. [<http://sage-job-ready.com/IT/assets/sage-2013-construction-it-trends-infographic.pdf>] (Consulté le 6 septembre 2013).

⁸ Source : FMI, *Wireless Technology in the Residential Construction Industry*, [En ligne]. [http://us.blackberry.com/business/needs/field/Wireless_Technology_in_Construction.pdf] (Consulté le 6 septembre 2013).

⁹ *Engineering News-Record*.

Figure 4 – Pourcentage d'utilisation des technologies mobiles sur les chantiers américains (Bernstein et Russo, 2012)

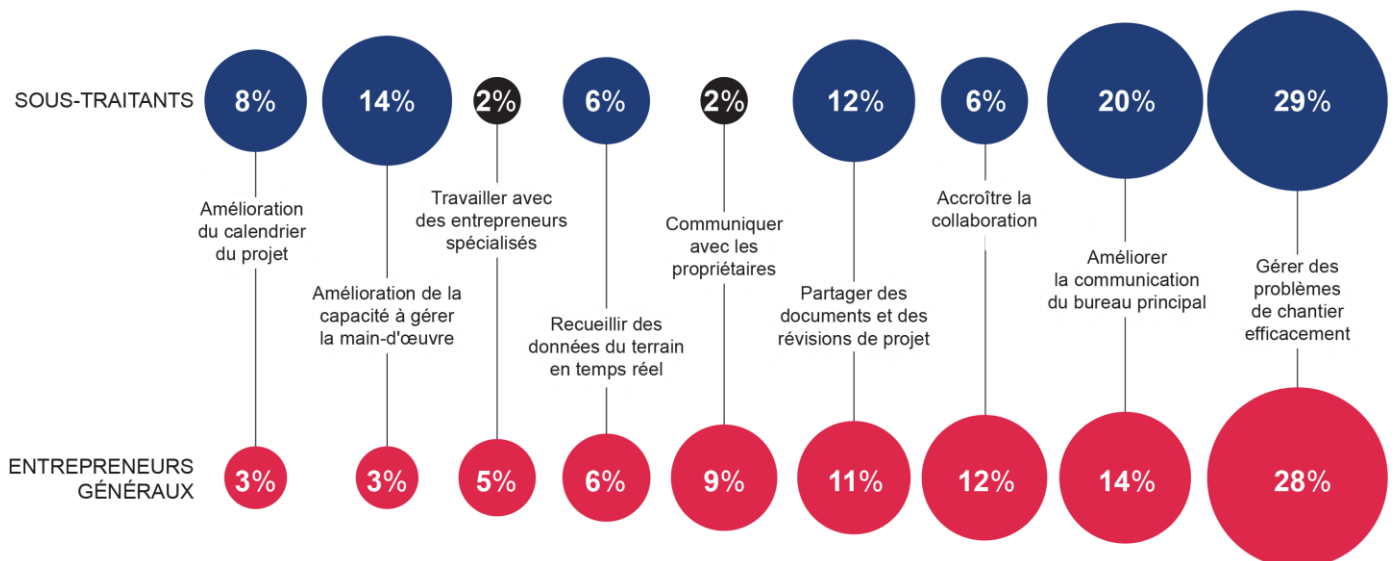


Par ailleurs, l'article de Bernstein et Russo (2012) a aussi mis en lumière les principales raisons pour lesquelles les entrepreneurs généraux et spécialisés américains choisissent d'utiliser les technologies mobiles dans une optique d'améliorer leur productivité sur les chantiers. La figure 5 présente les principaux motifs soulevés par les répondants. Les deux plus importants sont d'offrir la possibilité de résoudre plus efficacement les problèmes et de communiquer plus facilement avec le bureau. Fait intéressant, la collaboration arrive au troisième rang du classement général pour les usages privilégiés sur le chantier.

Figure 5 – Principales raisons d'utilisation des technologies mobiles (Bernstein et Russo, 2012)

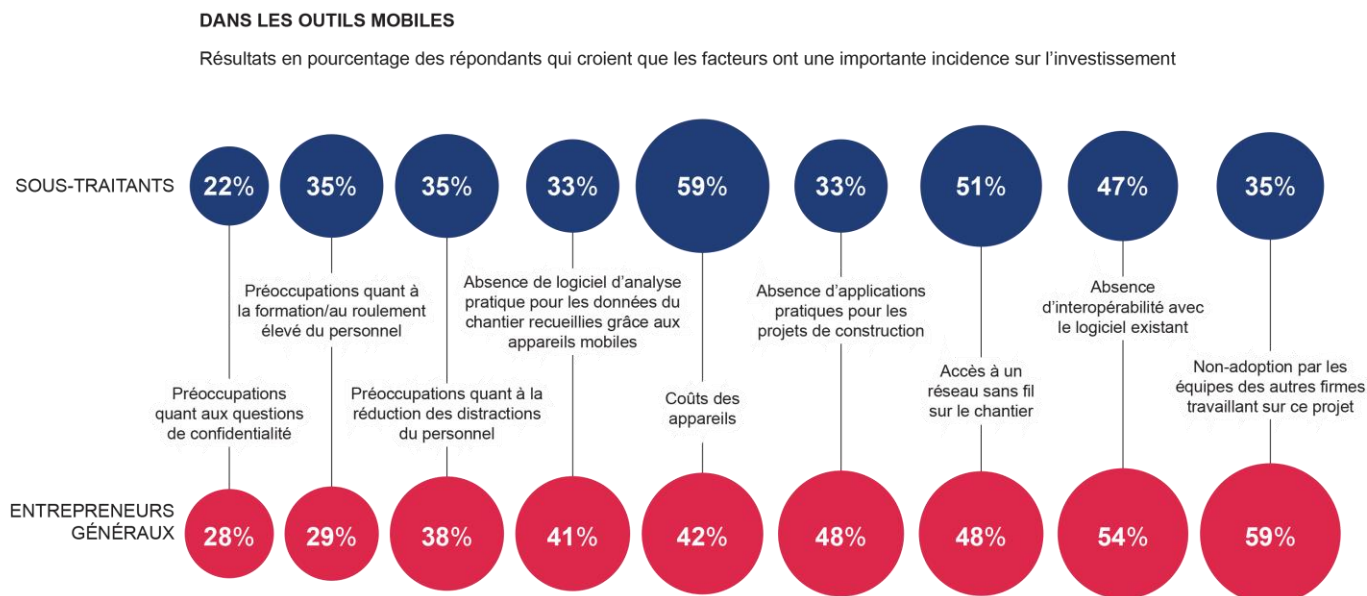
PRINCIPALES UTILISATIONS D'OUTILS MOBILES POUR AMÉLIORER LA PRODUCTIVITÉ SUR LE CHANTIER

Comprend seulement les tâches pour lesquelles plus de 60 % des répondants ont déclaré que les outils mobiles avaient des répercussions positives sur la réalisation de la tâche en question.



Bien que les entreprises de construction sondées dans cette étude fassent état d'améliorations du point de vue des communications et du processus de travail grâce à l'utilisation des technologies mobiles, celle-ci dresse néanmoins une série de facteurs qui limitent l'investissement dans ces technologies. Ils sont présentés à la **figure 6**. Parmi ceux-ci, on note que l'adoption des outils de mobilité par une masse critique de firmes n'a pas encore été atteinte, affectant ainsi la rentabilité d'un tel investissement. Une autre lacune importante, technologique cette fois, est le manque d'interopérabilité qui existe entre les outils mobiles et les logiciels de gestion.

Figure 6 – Facteurs limitant l'investissement dans les technologies mobiles (Bernstein et Russo, 2012)



RÔLE DES TECHNOLOGIES MOBILES EN CONSTRUCTION

Le problème de fragmentation de l'industrie de la construction est bien documenté. L'une des répercussions majeures de cette ségrégation est le traitement et l'intégration de l'information entre les diverses organisations impliquées dans la livraison d'un projet [17]. Pourtant, bien que la réussite des projets repose en majorité sur l'aspect communicationnel entre le processus de conception, le processus matériel et le processus de construction, il ne semble pas y avoir de stratégie répandue favorisant la coordination et la collaboration entre les acteurs clés des projets [18]. Cette situation provoque des répercussions néfastes sur l'ensemble du cycle de construction, du point de vue de la conception comme de la réalisation du produit. Les technologies mobiles en construction pourraient apporter des solutions intéressantes et faciliter l'instauration d'un environnement informationnel intégré au sein des équipes de projet.

INVESTISSEMENT

Selon Forgues and Staub-French [19], l'un des principaux freins à l'adoption des NTIC, et particulièrement du BIM, est le risque financier lié aux besoins d'investissement importants en ressources spécialisées et à l'infrastructure technologique. La réalité des technologies mobiles est différente. En effet, la courbe d'apprentissage est moins abrupte, car bon nombre de personnes sont déjà familiarisées avec ces technologies¹⁰. De plus, les technologies mobiles offrent des solutions d'accès à l'information simples et peu coûteuses, particulièrement les nouvelles possibilités d'archivage et de partage de données dans un environnement infonuagique. Les principaux avantages de ce type de stockage de données sont des frais d'accès sur une base mensuelle, ce qui évite des investissements initiaux coûteux en infrastructure informatique, un accès illimité aux données et à la plateforme de gestion, et une plus grande interopérabilité entre les applications et les logiciels par l'intermédiaire des plateformes Web.

DÉFINITION : Qu'est-ce que l'interopérabilité?

L'interopérabilité caractérise le fait que les bases de données de différents logiciels ou applications puissent s'échanger de l'information à l'aide d'un protocole générique (IFC ou autres).

Dans ces conditions, la migration vers des applications Web, accessibles à partir de plateformes de nature différente, est susceptible d'offrir des solutions viables et faciles à intégrer, en plus de fournir le potentiel de réduire ou même d'éliminer les problèmes d'interopérabilité.

COMMUNICATION

Dans le secteur de la construction, les technologies mobiles peuvent servir lors de toutes les phases du processus de construction et optimiser le flux de travail¹¹. La centralisation et la diffusion de l'information sont des éléments essentiels à l'organisation des tâches d'un projet de construction, d'où l'importance de l'intégration de ces technologies mobiles susceptibles d'améliorer l'échange d'information lors de la phase de réalisation.

¹⁰ Source : CEFRIO, NETendance 2013, Équipement et branchement Internet des foyers québécois, volume 4 , numéro 2, (<http://www.cefrio.qc.ca/netendances/equipement-branchement-2013/>), consulté le 24 août 2013

¹¹ Source : Paul Bedard, « How Mobile Technologies are Boosting Construction Site Efficiency », [En ligne], avril 2013.

[<http://www.areadevelopment.com/AssetManagement/April2013/construction-site-mobile-project-management-272725.shtml>] (Consulté le 6 septembre 2013).

Ce constat vient appuyer les travaux de Winch [9], qui identifie la gestion du flux de l'information comme l'enjeu central en gestion de la construction. Silva, Ruwanpura [1] corroborent ces propos et soutiennent que la centralisation de l'information représente un élément fondamental au succès des projets de construction, principalement en raison de l'importance du partage et de la diffusion de l'information pour l'atteinte des objectifs de projet en matière de coûts, de productivité et de délais de livraison.

TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES EN APPUI AUX COMMUNICATIONS SUR LES CHANTIERS

L'Université de Calgary a développé en 2006 une technologie appelée « i-Booth », afin de soutenir la communication sur les chantiers [1]. Son but est de surmonter les problèmes de communication qui sont présent dans cette phase de projets. Hewage and Ruwanpura [20] ont identifié parmi les principaux problèmes : 1) l'inefficacité des communications et la non-disponibilité de l'information, responsables d'un temps de travail effectif sur les chantiers à peine supérieur à 45 % (les travailleurs de la construction passent plus de temps à faire des tâches connexes qu'à la réalisation de travaux); 2) les méthodes d'administration et de partage de l'information utilisées sur le chantier, qui sont insuffisantes. L'interface i-Booth, développée par ces auteurs et présentée à la **figure 7** permet l'acheminement de l'information non seulement aux travailleurs du chantier, afin qu'ils réalisent leur mandat plus efficacement, mais aussi aux divers intervenants du projet. Ce système prend la forme d'un kiosque d'information qui est placé directement sur le chantier. Pour le moment, ce système n'est pas commercialisé, mais celui-ci a été testé sur des chantiers en Alberta par des entrepreneurs participant aux projets de recherche.¹²



Figure 7 – Système d'accès à l'information sur le chantier : i-Booth

PROCESSUS DE TRAVAIL

Malgré les avancées considérables des technologies mobiles ces dernières années, l'industrie de la construction repose toujours sur un processus traditionnel d'acquisition de données et des moyens de communication axés sur l'utilisation du téléphone, du courriel et du télécopieur [17]. Pourtant, des études ont démontré que l'intégration des technologies mobiles sur les chantiers de construction offre un potentiel énorme d'augmentation de l'efficacité des processus de communication au sein des équipes de projet [21]. L'acquisition de l'information provenant du chantier représente un élément déterminant dans le succès de l'administration des projets de construction, dans la mesure où l'information représente le point central du processus de gestion [22]. La disponibilité et la précision de l'information facilitent la prise de décision, bonifiant ainsi la productivité. La logistique du chantier peut être améliorée par l'intégration de ces technologies, principalement lors des processus de suivi du projet, de l'organisation des tâches, du suivi des matériaux et du partage de l'information au sein de l'équipe de projet [23].

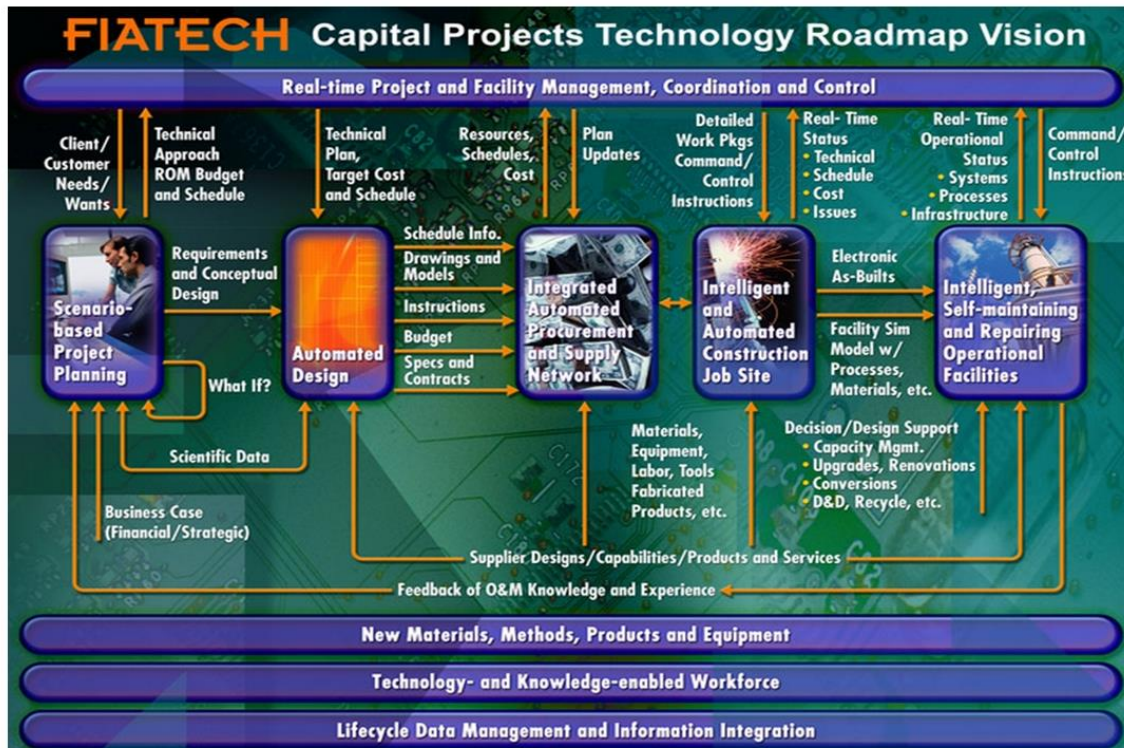
¹² Note : Le groupe de recherche GRIDD (ÉTS) recevra un kiosque i-Booth à l'été 2014 afin de procéder à des essais sur des chantiers.

Par exemple, il a été observé que 65 % des reprises de travaux effectués par les entrepreneurs sont attribuables à de l'information incomplète, inadéquate ou encore contradictoire sur le chantier, perturbant le taux de production de ce dernier [24]. Le manque de cohésion entre les divers acteurs d'un projet est directement responsable du manque d'information sur le terrain : seulement 20 % de l'information totale est acheminée vers le chantier [1]. Un accès constant à l'information peut aider les superviseurs à être mieux informés sur le terrain et ainsi les assister dans la gestion ainsi que dans les transferts de l'information vers les membres de l'équipe de projet¹³.

À cet égard, Forgues [25] a mentionné que le taux de productivité en déclin dans l'industrie est attribuable à une mauvaise organisation du travail. Selon lui, les principaux facteurs de l'amélioration de la productivité sont la structuration organisationnelle autour du processus de travail et l'intégration des TIC. Ces changements auront certainement un effet important en ce qui concerne la prédictibilité des événements de chantier, de même que le respect des coûts et des échéanciers de projet.

Une étude réalisée en 2012 par Fiatch révèle que les principaux avantages de l'utilisation des technologies mobiles en construction sont d'encourager la communication et la collaboration afin d'améliorer le flux des travaux, l'accessibilité, le partage et le stockage de l'information¹⁴. La présente un schéma conceptuel du potentiel d'automatisation du cycle de réalisation jusqu'à la gestion de l'équipement lors de sa vie utile. L'avènement des technologies mobiles s'inscrit dans la vision de Fiatch, qui propose un environnement de travail où l'information est disponible en temps réel, sur demande ou dès qu'elle est nécessaire, pour toutes les parties prenantes.

Figure 8 – Potentiel d'automatisation du cycle de réalisation en construction (Fiatch, 2008)



¹³ Source : Sage, *Go Where the Work Is: Enabling Mobility in Your Construction Firm*, [En ligne], 2012. <http://na.sage.com/~media/E85F22EF121846119E7153C24D9767B5.pdf> (Consulté le 6 septembre 2013).

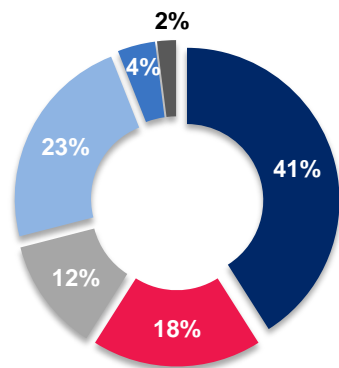
¹⁴ Source : Fiatch, « Mobile IT : Phase II Report Now Available », [En ligne], 28 mars 2012. <http://www.fiatch.org/workforce-training/press-releases/1037-mobile-it-phase-ii-report-now-available> (Consulté le 15 août 2013).

TECHNOLOGIES MOBILES DANS LES ENTREPRISES DE CONSTRUCTION DU QUÉBEC

Une enquête a été menée auprès d'entreprises œuvrant dans ce secteur dans l'objectif de déterminer le degré de pénétration des technologies mobiles dans l'industrie de la construction du Québec. L'enquête *Construction 2.0 – L'efficacité par le numérique* a été réalisée auprès de 700 répondants au moyen d'un sondage en ligne, et complétée par des entrevues avec 14 entreprises considérées comme innovantes dans le secteur. Un sondage a été acheminé aux entreprises innovantes et 12 intervenants de ces organisations ont répondu au questionnaire. Cette série d'entrevues a été réalisée en parallèle entre le 13 juin et le 30 octobre 2013, afin de documenter les principaux enjeux associés à l'utilisation des technologies mobiles dans le contexte de l'industrie de la construction québécoise. Le taux de réponse du sondage en ligne est de 2,25 %, (30 000 personnes ont été sollicitées) et la répartition de l'échantillon selon le type des entreprises est représentée dans le **graphique 1** et le **graphique 2**.

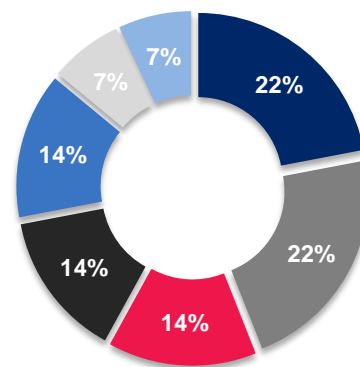
PROFIL DES PARTICIPANTS À CETTE ÉTUDE

Graphique 1 – Échelle provinciale (n=700)



- Architecte
- Entreprise générale
- Entreprise spécialisée
- Service d'ingénierie
- Fournisseur

Graphique 2 – Entreprises innovantes (n=12)



- Architecte
- Entreprise générale
- Entreprise spécialisée
- Donneur d'ouvrage
- Autres professionnels
- Revendeur
- Recherche et développement

Note : À gauche, l'enquête effectuée à l'échelle provinciale, réalisée auprès de 700 personnes (n=700). À droite, la distribution des entreprises innovantes (n=14) rencontrées lors de la période de recherche d'informations.

L'EXPÉRIENCE DES UTILISATEURS

La mobilité dans la construction représente davantage qu'une simple valeur ajoutée aux projets; il s'agit plutôt d'une véritable occasion de modernisation des approches de travail. Évidemment, les technologies mobiles ne sont pas une panacée aux problèmes de gestion de l'information dans l'industrie, mais elles peuvent certainement jouer un rôle important afin d'améliorer l'efficacité et l'efficacé des communications ainsi que du partage de l'information dans les projets de construction.

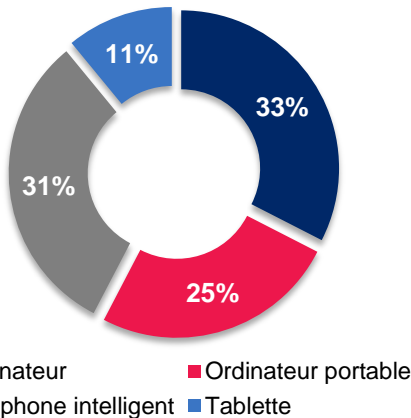
L'atout le plus fondamental de ce type de technologie est sans le moindre doute son omniprésence dans la société. D'ailleurs, l'utilisation des technologies mobiles dans l'industrie de la construction suit ce phénomène

numérique, puisqu'elle est en constante augmentation depuis leur arrivée sur le marché. Selon les données recueillies lors du sondage à l'échelle provinciale, 31 % des répondants ont affirmé utiliser leur téléphone intelligent afin de consulter de l'information, tandis que 11 % ont déclaré utiliser plutôt une tablette pour cela (voir le **graphique 3**)

Néanmoins, le constat actuel est que les technologies mobiles sont présentement utilisées dans un contexte individuel, ne permettant par l'atteinte de leur plein potentiel. Le graphique 4 soutient ces propos puisque les utilisations principales des technologies mobiles par les usagers représentent la consultation des courriels (39%) et d'un calendrier 29%) (voir le **graphique 4**).

ENQUÊTE PROVINCIALE

Graphique 3 – Plateforme utilisée pour la consultation d'information



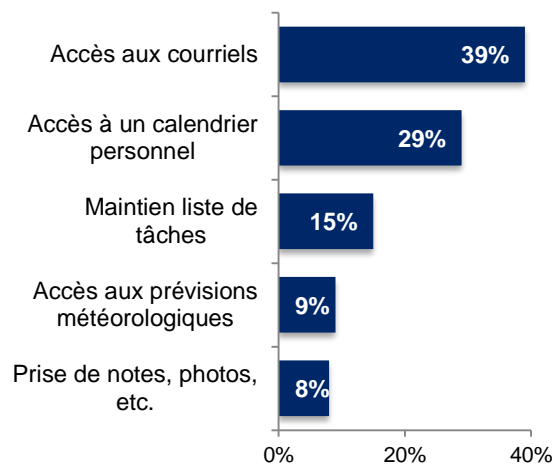
Base : 700 répondants

Question : Quel type d'appareil utilisez-vous afin d'accéder aux informations liées à votre travail?

Néanmoins, malgré le fait que l'utilisation actuelle de ce type d'outils ne permet pas la création d'un environnement de travail intégré, les individus sont de plus en plus en contact avec les technologies mobiles, ce qui laisse présager que l'intégration de ces outils pourrait se faire plus aisément.

ENQUÊTE PROVINCIALE

Graphique 4 – Utilisation principale des technologies mobiles



Base : 700 répondants

Question : À quelle fréquence utilisez-vous ces applications sur votre appareil mobile?(cumul des réponses « toujours » et « très souvent »)

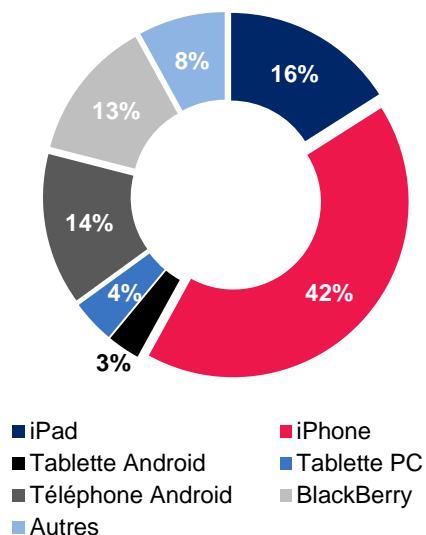
LES PLATEFORMES LES PLUS UTILISÉES

À ce jour, les appareils iPhone sont hautement utilisés sur le marché québécois du numérique, tant du côté du sondage à l'échelle provinciale (42 %, voir le **graphique 5**) que de celui des entreprises innovantes (29 %, voir le **graphique 6**), et ce, malgré le fait que la tendance mondiale soit en constante évolution vers l'emploi du système d'exploitation Android¹⁵. Toutefois, il existe une propension des entreprises innovantes à intégrer davantage les tablettes au sein de leurs équipes de projet comparativement au reste du secteur.

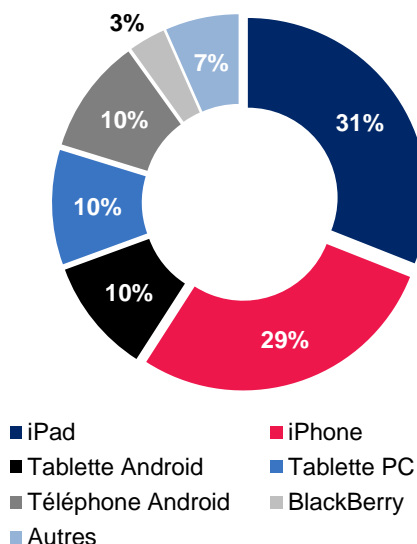
Comme le montre le **graphique 6**, 31 % des entreprises innovantes font l'usage d'un iPad, dépassement même l'usage du iPhone. Inversement, 16% des répondants à l'échelle provinciale ont indiqué faire une utilisation de la tablette dans la cadre de leur travail. Ceci représente donc une utilisation deux fois moins élevée qu'au sein des entreprises innovantes. De façon générale, il serait normal de croire que de tels outils puissent s'avérer très fragiles dans les conditions du chantier, mais des essais réalisés au fil du temps ont révélé que les tablettes classiques, utilisées dans des conditions normales, peuvent survivre dans l'environnement hostile du chantier.

TYPES D'APPAREILS UTILISÉS DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

Graphique 5 – Enquête provinciale



Graphique 6 – Entreprises innovantes



Bases : Graphique 5 : 700 répondants - Graphique 6 : 14 entreprises innovantes

Question : Quel appareil mobile utilisez-vous au travail?

¹⁵ Source : Steve Litchfield, « The smartphone crystal ball, through to 2014 », [En ligne], 22 septembre 2010. [\[http://www.allaboutsymbian.com/news/item/12128_The_smartphone_crystal_ball_th.php\]](http://www.allaboutsymbian.com/news/item/12128_The_smartphone_crystal_ball_th.php) (Consulté le 17 septembre 2013).

ESSAI EN CHANTIER

En 2008, Hydro-Québec fait l'acquisition de tablettes de marque General Dynamics sur les chantiers de La Romaine. Conçues pour un usage militaire, celles-ci n'ont pas survécu aux conditions inhospitalières du chantier. Amère devant cet échec, Hydro-Québec tente un deuxième essai avec des iPad. Depuis lors, les travailleurs de chantier utilisent ces tablettes avec un taux de retour de ces outils extrêmement bas.

Chantale Germain, chef proposition estimation chez Hydro-Québec (Propos recueillis le 19 juin 2013)

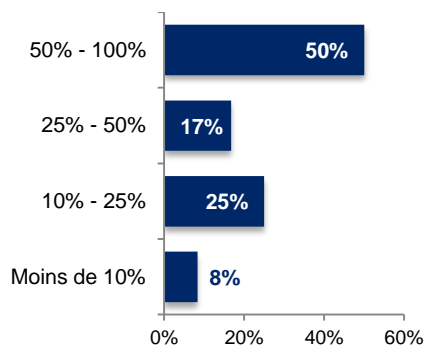
LES ENTREPRISES INNOVANTES

L'ADOPTION DES TECHNOLOGIES MOBILES

Au Québec, l'usage des technologies mobiles dans le secteur de la construction prend de plus en plus d'ampleur. Cependant, les stratégies d'utilisation dans un environnement de collaboration sont limitées, voire inexistantes. Il demeure toutefois une volonté des entreprises innovantes à les introduire dans leur processus de travail. L'un des moyens considérés pour l'intégration de ces nouvelles pratiques est d'axer leur promotion sur les formations offertes aux employés (50 %, voir **le graphique 7**). En dépit du fait que ces dernières sont davantage des périodes de conscientisation à l'égard des technologies mobiles que des stratégies de mise en place, leur effet principal au sein des équipes est d'augmenter l'utilisation de ces outils dans le cadre des projets (67 %, voir **graphique 8**). L'une des répercussions liées à cet usage est que les employés peuvent rapidement développer une certaine expertise, car la courbe d'apprentissage de ces technologies est très rapide. Dans cette optique, la maturité des entreprises peut augmenter en peu de temps, et l'intégration de solutions globales s'exécute plus simplement et rapidement.

FORMATIONS ET UTILISATIONS AU SEIN DES ENTREPRISES INNOVANTES

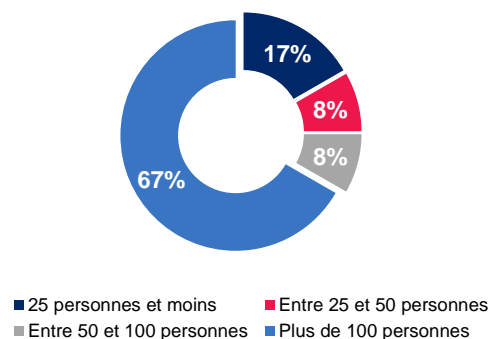
Graphique 7 – Formation offerte aux employés à l'égard des technologies mobiles



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quel pourcentage d'employés ont eu une formation concernant les technologies mobiles?

Graphique 8 – Niveau d'utilisation des technologies mobiles



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quel est le niveau d'utilisation actuel des technologies mobiles lors de vos projets?

CITATION : Changer les méthodes de travail au sein des équipes

« Afin de promouvoir l'usage des technologies mobiles et de permettre à nos équipes de développer des réflexes d'utilisation de ces outils, notre entreprise a alloué à chacun un budget pour l'achat d'applications. [...] Les employés sont par la suite invités à partager leurs expériences et découvertes avec leurs collègues. »

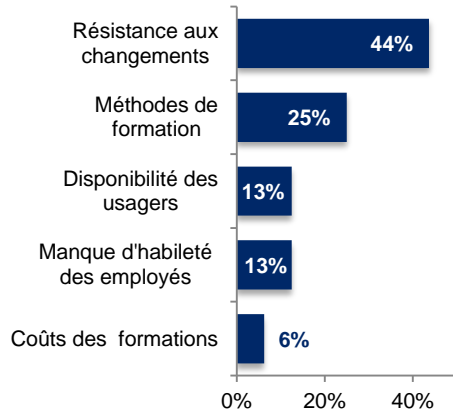
– Frédéric Perron, directeur marketing chez Canam. Propos recueillis lors de l'événement Bâtiment et gestion immobilière – La construction et l'heure des technologies mobiles, Montréal, 7 novembre 2013.

MÉTHODES D'APPRENTISSAGE

L'un des facteurs qui limite l'introduction de nouvelles méthodes de travail est la résistance aux changements des utilisateurs (44 %, voir le **graphique 9**). Loin d'être un cas isolé, cette résistance représente une réalité qui perturbe considérablement l'intégration de nouveaux processus au sein des organisations. Les technologies mobiles, bien qu'elles soient déjà en grande quantité sur le marché, ne font pas exception à cette règle. Les changements qu'apporte ce type d'outil touchent principalement les équipes sur les chantiers. Or, la réalité de l'industrie de la construction fait en sorte que celles-ci ont un emploi du temps surchargé. Il est donc difficile, voire impossible, de leur fournir un soutien adéquat. Dans ces conditions, l'enseignement de nouvelles méthodes de travail peut s'avérer très difficile pour les entreprises désireuses d'apporter ces changements afin de maximiser les bénéfices de l'utilisation des technologies mobiles.

DÉFIS ET MÉTHODES D'APPRENTISSAGE AU SEIN DES ENTREPRISES INNOVANTES

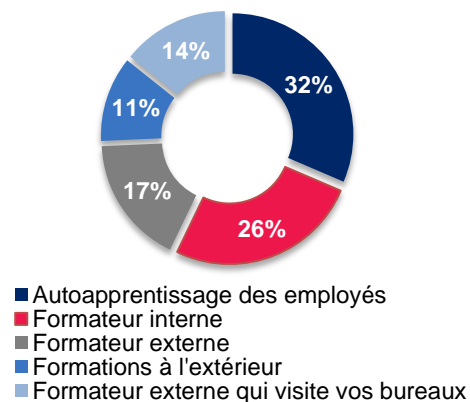
Graphique 9 – Défis principaux liés à l'intégration de nouvelles méthodes de travail



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quels sont les problèmes actuels auxquels votre entreprise fait face à l'égard de la formation sur l'utilisation des technologies mobiles?

Graphique 10 – Méthodes d'apprentissage utilisées par les entreprises



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quelles sont les méthodes d'apprentissage employées par votre organisation afin d'intégrer les technologies mobiles?

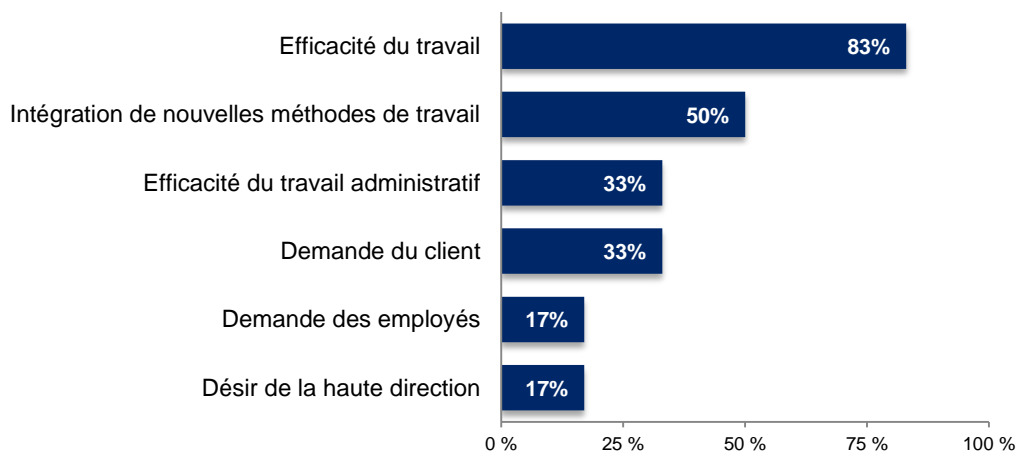
Toutefois, la familiarité avec les technologies mobiles, causée par une utilisation répandue à des fins personnelles, a l'avantage d'aider les entreprises à intégrer ces nouveaux outils (voir la Figure 9 page 32). Plus précisément, les organisations peuvent les introduire sans avoir à implanter des solutions de communication généralisées, puisque les travailleurs connaissent déjà ces technologies et les utilisent dans le cadre de leur travail. Dans cette optique, l'une des stratégies considérées par les entreprises innovantes repose sur l'auto-apprentissage des employés (32 %, voir le Graphique 10). Cette approche permet aux travailleurs du chantier de s'acclimater par eux-mêmes à l'arrivée des technologies mobiles sur les chantiers, en plus d'obtenir un soutien de leur organisation afin de les utiliser davantage.

MOTIVATION DES ENTREPRISES

Au cours de la dernière décennie, l'industrie de la construction a été exposée à de nombreuses critiques liées à son inefficacité et à son inefficience lors de la réalisation de projets. Souvent pointée du doigt pour le non-respect des coûts et des échéanciers, elle est désormais appelée à modifier ses méthodes actuelles de travail afin de respecter ces objectifs. L'enquête a mis en lumière que l'une des principales raisons pour lesquelles les entreprises innovantes désirent introduire de nouvelles méthodes de travail axées sur les technologies mobiles repose sur l'efficacité du travail (83 %, voir le **graphique 11**). La moitié des participants rencontrés soulignent que cette envie de changement provient du désir d'introduire des pratiques avant-gardistes susceptibles d'améliorer leur rendement et d'offrir un meilleur produit à leurs clients. Les intervenants rencontrés affirment aussi que les technologies mobiles offrent de nouvelles pistes de solutions en matière de collaboration, avec pour objectif l'atteinte des différentes cibles fixées lors de la période de planification de projets de construction.

MOTIVATION DES ENTREPRISES INNOVANTES À INTÉGRER LES OUTILS MOBILES

Graphique 11– Sources de motivation des entreprises innovantes



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quelles sont les sources de motivation principales de votre organisation à intégrer les technologies mobiles dans vos activités?

CITATION : L'intégration des technologies mobiles sur les chantiers

« Implanter des solutions mobiles sur les chantiers permet à notre entreprise de démontrer un leadership dans l'implantation de nouvelles pratiques, en plus d'améliorer les communications au sein de nos équipes de travail sur le terrain. »

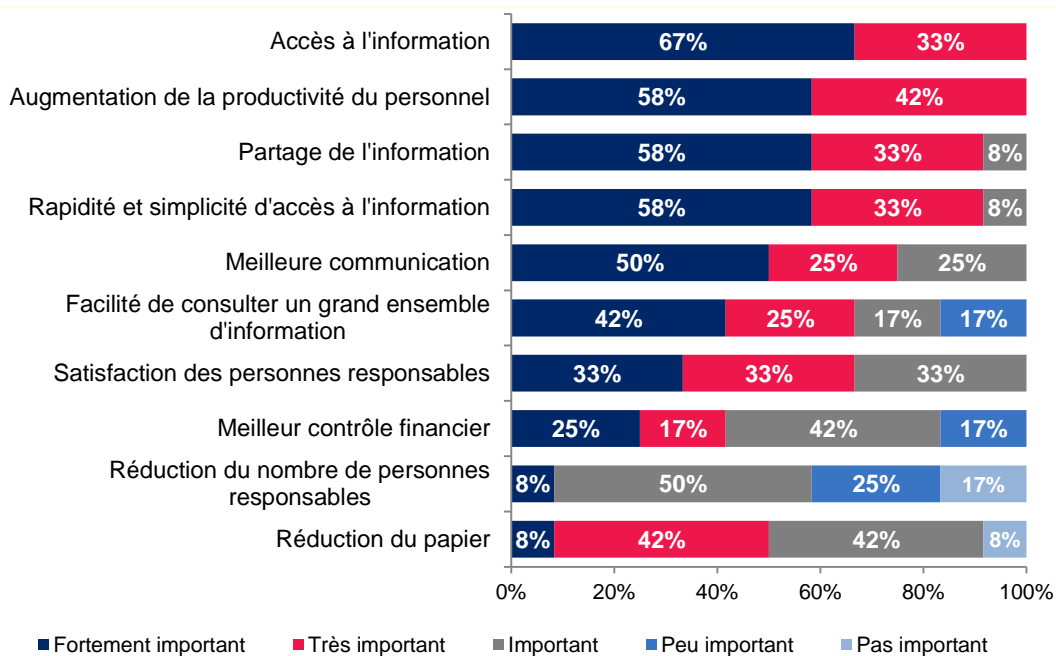
– Ivanka Iordanova, directrice BIM chez Pomerleau. Propos recueillis lors de l'événement Bâtiment et gestion immobilière – La construction et l'heure des technologies mobiles, Montréal, 7 novembre 2013.

L'INFLUENCE DES TECHNOLOGIES MOBILES SUR LES COMMUNICATIONS

À la recherche de solutions afin d'améliorer les taux de production du secteur, les intervenants sondés au sein des entreprises innovantes ont souligné de nombreuses répercussions qui découlent de l'usage des technologies mobiles au sein de leurs équipes de travail. Outre l'accès à l'information (67 %, voir le **graphique 13**), qui représente l'élément majeur de l'usage de ces outils, d'autres éléments tels que le partage de l'information (58 %), ainsi que la rapidité d'accès à l'information (58 %) font en sorte que l'usage de ces outils possède une forte valeur ajoutée dans le processus de planification et de réalisation de projets de construction. Fait intéressant, les données recueillies lors du sondage provincial révèlent que 89 % (voir le **graphique 12**) des répondants estiment que les technologies mobiles possèdent un effet positif sur leur travail.

LES TECHNOLOGIES MOBILES AU SEIN DES ENTREPRISES INNOVANTES

Graphique 13 – Effets de l'utilisation des technologies mobiles

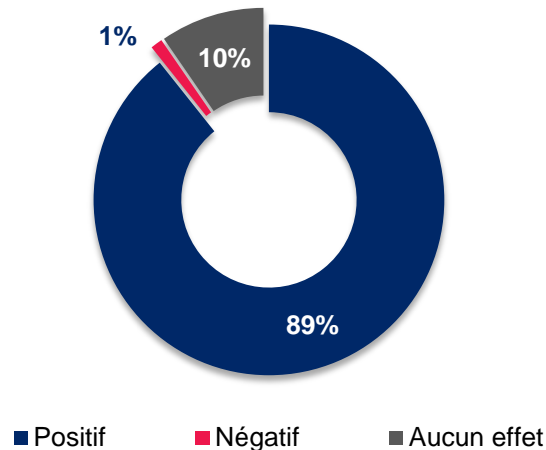


Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quelle importance accordez-vous aux effets des technologies mobiles dans votre organisation?

ENQUÊTE PROVINCIALE

Graphique 12 – Impact de l'utilisation des technologies mobiles sur le travail



Base : 700 répondants

Question : D'après vous, quels sont les impacts de l'utilisation des technologies mobiles sur votre travail?

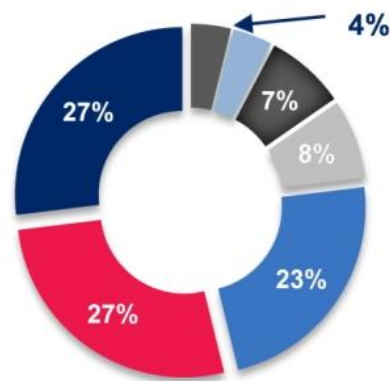
LES BÉNÉFICES ASSOCIÉS À L'USAGE DES TECHNOLOGIES MOBILES DANS LA CONSTRUCTION

Dans une industrie où l'information peut être considérée comme l'oxygène d'un projet, avoir un accès constant à celle-ci facilite la prise de décisions et la validation des travaux sur le chantier. Les répondants des entreprises innovantes avancent à 92 % que l'accessibilité à l'information représente l'élément déterminant dans la décision d'intégrer les technologies mobiles au processus de travail (voir le **graphique 15**). En outre, les protagonistes reconnaissent que l'industrie de la construction souffre d'un problème de communication important et que les technologies mobiles pourraient améliorer l'échange de l'information sur le terrain (92 %).

Or, les données présentées au **graphique 13** démontrent que ces technologies permettent aux entreprises innovantes à leur entreprise de communiquer ainsi que de partager de l'information plus efficacement et plus rapidement entre les différents intervenants. L'augmentation de l'utilisation des technologies infonuagiques reflète le besoin incessant d'accès à l'information dans le contexte de l'industrie (voir le **graphique 14**).

RÉSULTAT
50 % des entreprises rencontrées
utilisent les technologies infonuagiques
afin d'avoir accès à l'information à
l'extérieur du bureau.

**Graphique 14 – Plateformes utilisées pour
stocker, partager et utiliser l'information**



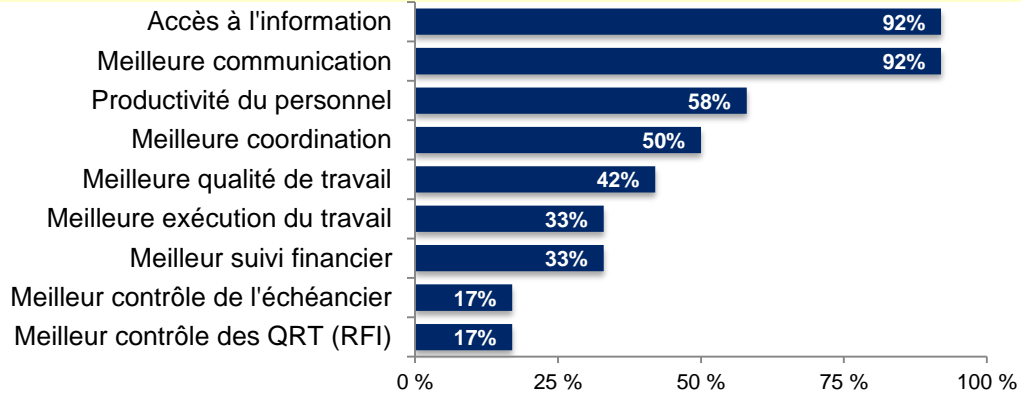
- SkyDrive
- Google Drive
- Microsoft SharePoint
- Dropbox
- Bentley ProjectWise
- Logiciel maison
- Serveur FTP

Base : 12 entreprises innovantes

Question : Utilisez-vous des services d'archivage sur le Web? Si oui, lesquels?

BÉNÉFICES PERÇUS SUR LES PROJETS PAR LES ENTREPRISES INNOVANTES

Graphique 15 – Aspects bénéfiques en lien avec l'utilisation des technologies mobiles



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quels sont les aspects les plus bénéfiques de l'utilisation des technologies de l'information dans le cadre de vos fonctions?

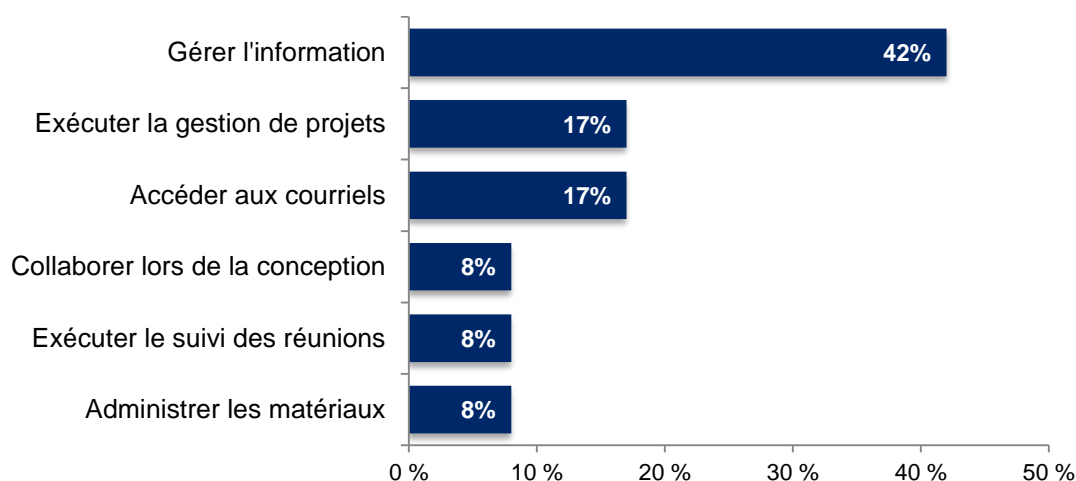
LES USAGES DES TECHNOLOGIES MOBILES

L'arrivée massive des technologies mobiles dans le contexte de l'industrie de la construction apporte de nouvelles solutions de gestion de projets. Le contrôle de l'information sur le chantier représente un élément crucial dans l'introduction des technologies mobiles dans le processus de construction (voir le **graphique 16**). Les intervenants provenant des entreprises innovantes rencontrées connaissent la valeur de l'information présente sur les chantiers et désirent être en mesure de la récupérer, afin d'améliorer le respect des coûts et la prédictibilité des projets de construction.

Toutefois, même si les entreprises rencontrées désirent exploiter les technologies mobiles sur les chantiers afin de mieux communiquer et collaborer, la consultation et l'envoi de courriels demeurent deux éléments prépondérants dans l'utilisation de ces technologies. Paradoxalement, selon les personnes interrogées, l'accès aux courriels n'améliore pas la coordination des équipes de projet, principalement du fait que l'usage de ce moyen de communication se limite à des conversations entre quelques individus. Quoi qu'il en soit, l'usage des technologies mobiles sur les chantiers de construction est en augmentation, ce qui laisse percevoir que l'introduction de nouvelles procédures de travail axées vers ce type de technologies pourrait s'avérer plus aisée, étant donné qu'elles sont actuellement utilisées.

PRINCIPAUX USAGES PAR LES ENTREPRISES INNOVANTES

Graphique 16 – Usages des technologies mobiles



Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quelle est l'application principale des technologies mobiles dans votre organisation

FACTEURS LIMITANT LA PLEINE UTILISATION

Selon les données recueillies dans l'enquête, « le manque de temps pour évaluer les applications logicielles » semble être le facteur qui influence le plus l'intégration d'outils mobiles (voir le **graphique 17**). À ce propos, l'effervescence des technologies mobiles et des applications résulte du fait que le marché en est inondé, quels que soient le genre et les fonctionnalités de ces dernières¹⁶. Or, cette multitude d'applications disponibles perturbe l'introduction de ces technologies, puisqu'il est difficile de trouver la bonne solution sans avoir préalablement défini ce que l'on cherche.

Les intervenants interrogés sont unanimes, la clé de la réussite pour favoriser l'intégration des technologies mobiles repose sur deux éléments : cibler les besoins et définir les paramètres recherchés. Cette approche permet d'une part de limiter les échecs et les investissements infructueux et d'autres parts, de laisser les travailleurs et les intervenants de projet apprivoiser les différentes options avant d'intégrer des solutions globales¹⁷.

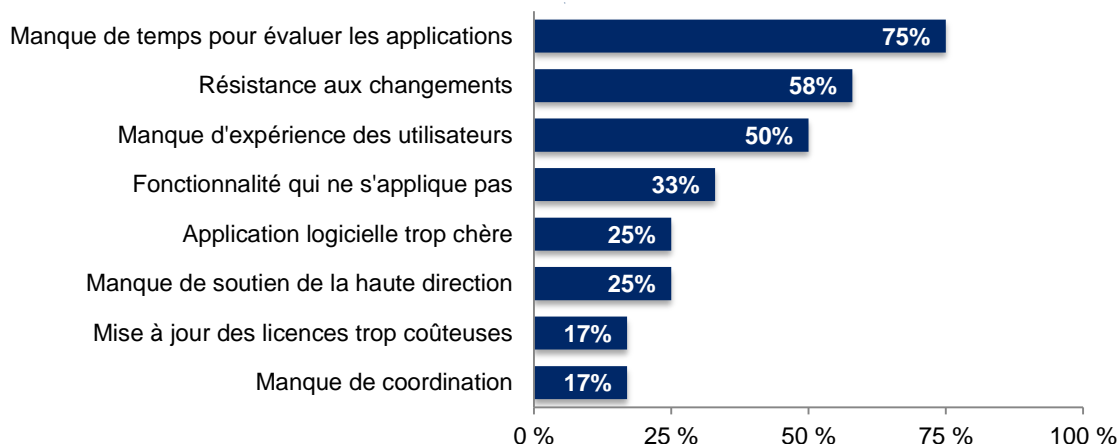
En considérant le fait que la résistance aux changements (58 %) et le manque d'expérience des usagers (50 %) représentent deux facteurs limitant l'introduction des technologies mobiles dans le contexte de l'industrie de la construction, il va de soi que leur intégration graduelle semble une solution viable et adaptée à la réalité du secteur.

¹⁶ Se référer à la figure 9 – Système de classification des applications mobiles.

¹⁷ Idem.

FACTEURS LIMITANT L'IMPLANTATION DES TECHNOLOGIES MOBILES

Graphique 17– Facteurs limitant l'implantation des technologies mobiles



Base : 12 entreprises innovantes

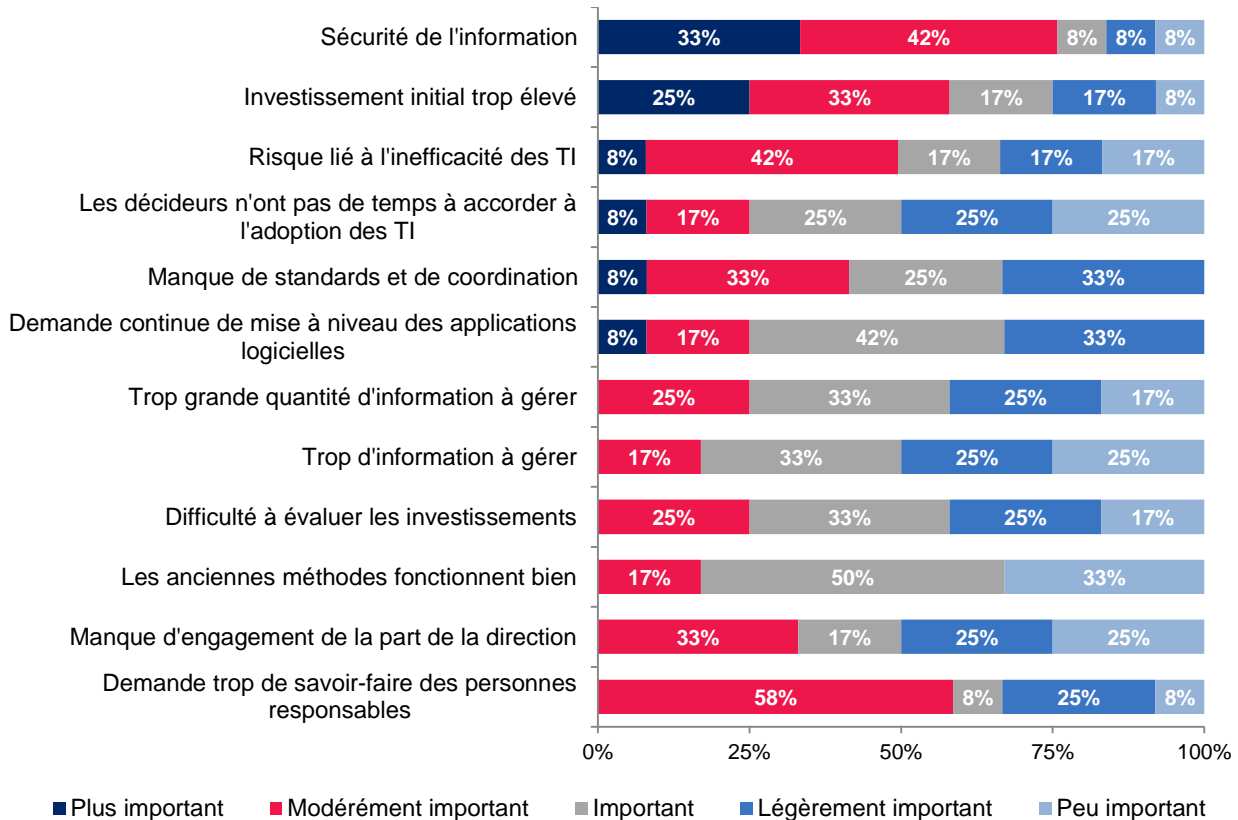
Question : Quels sont les facteurs qui limitent votre pleine utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication?

PRINCIPAUX OBSTACLES À L'INTÉGRATION DES TECHNOLOGIES MOBILES

Les entreprises innovantes font face à de nombreux obstacles pour l'implantation des technologies mobiles dans leur organisation. Parmi ceux-ci, la sécurité de l'information (valeur combinée de 75 %) représente l'enjeu majeur. Par sécurité de l'information, les intervenants rencontrés ne mentionnent pas uniquement le danger lié au vol de l'information, mais également le risque de perte accidentelle d'un appareil mobile sur lequel pourrait se trouver de l'information sensible. Le **graphique 18** illustre de nombreux facteurs qui font obstacle à l'intégration des outils mobiles. L'un des facteurs importants est attribuable au savoir-faire des personnes responsables de l'exécution de projets. Les personnes interrogées mentionnent que de nombreux avantages sont liés à l'utilisation des technologies mobiles, mais qu'il demeure ardu de changer les processus de travail, puisque leurs employés sont actuellement surchargés. Ainsi, même si les intervenants rencontrés affirment que l'intégration de nouveaux processus pourrait rendre plus productifs les projets à moyen et à long terme, les entreprises hésitent à moderniser leurs processus de communication en raison des conditions de travail exigeantes.

DÉFIS DES ENTREPRISES POUR L'INTÉGRATION DE NOUVELLES MÉTHODES

Graphique 18 – Obstacles à l'intégration des technologies mobiles chez les entreprises innovantes



Base : 12 entreprises innovantes

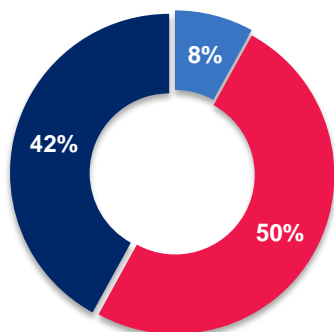
Question : Quelle importance accordez-vous aux obstacles suivants, à l'égard de l'intégration des technologies mobiles dans votre organisation?

LE FUTUR DES TECHNOLOGIES MOBILES

L'un des phénomènes observables de cette étude est le niveau d'intérêt en effervescence envers l'utilisation des technologies mobiles dans l'industrie de la construction. Les données à ce sujet révèlent tant du côté des entreprises innovantes que de celui de l'enquête à l'échelle provinciale que ces technologies continueront à prendre de plus en plus de place dans ce secteur comme elles le sont au quotidien pour de nombreux Québécois. Ainsi, même s'il reste encore un chemin important à parcourir avant que les processus de collecte de l'information et de gestion de projet soient automatisés, les données obtenues démontrent qu'il y a une tendance marquée vers l'usage de ces outils modernes, dont les utilisateurs seront de plus en plus nombreux. L'une des répercussions de l'utilisation croissante de ces technologies est qu'il sera sans doute plus aisé de remplacer graduellement le support papier par d'autres solutions de communication comme des plateformes mobiles sur les chantiers de construction du Québec.

AVENIR DES TECHNOLOGIES MOBILES DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

Graphique 19 – Entreprises innovantes

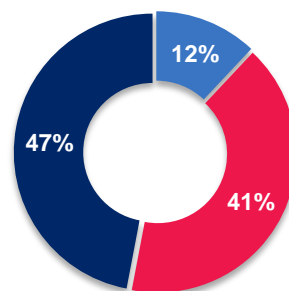


■ Importance modérée ■ Haute importance
■ Très haute importance

Base : 12 entreprises innovantes

Question : Quelle importance croyez-vous que les technologies mobiles auront dans l'industrie de la construction d'ici les 5 prochaines années?

Graphique 20 – Échelle provinciale



■ Importance modérée
■ Haute importance
■ Très haute importance

Base : 700 répondants

CITATION : Avenir des technologies mobiles sur les chantiers de construction

« La nouvelle génération de travailleurs habitués à travailler avec les téléphones intelligents et tablettes changera nos méthodes actuelles de communication, notamment car les technologies mobiles représentent pour eux un style de vie. »

– Jean Thibodeau, vice-président senior, IntelliBuild et informatique chez Groupe Canam. Propos recueillis lors d'une entrevue le 13 juin 2013.

AVIS D'EXPERTS – POMERLEAU MOYENS DE MISE EN PLACE

Il y a trois types d'incitateurs pour l'adoption des technologies mobiles chez Pomerleau : les surintendants, les agents de contrôle de la qualité et les adeptes du BIM. Travaillant sur la question, un comité représentatif de toutes ces parties et du service TI a dressé une liste des fonctionnalités selon les besoins des intervenants au chantier. Par la suite, ce comité a fait une description des caractéristiques recherchées pour l'application mobile, afin de faciliter le cheminement de l'information, et certaines sont en cours d'essai sur le chantier, dans le cadre de projets-pilotes. Toutefois, il s'avère qu'à ce jour, les technologies mobiles ne proposent pas de solution idéale selon les critères ciblés. Du fait que le modèle 3D ne sert toujours pas de base de référence pour la grande majorité des applications de chantier, Pomerleau a opté pour l'adoption d'une stratégie hybride, soit l'utilisation de deux applications : l'une pour la documentation 2D, l'autre pour se référer au modèle BIM. Dans les deux situations, il faut personnaliser les applications pour mieux les intégrer aux processus de travail. Même si l'idéal est difficile à atteindre, l'effet de l'utilisation des technologies mobiles est perceptible sur les chantiers-pilotes. Les intervenants ont apprécié les avantages associés à l'accessibilité de l'information, et ils sont motivés à l'idée de manipuler ces outils.

Ivanka Iordanova, Directrice BIM chez Pomerleau (10 décembre 2013)

AVIS D'EXPERTS – HYDRO-QUÉBEC EFFETS DE MISE EN PLACE

L'introduction d'appareils mobiles (tablettes numériques de type iPad) sur les chantiers de construction a amélioré l'accès à l'information et son transfert. Les inspecteurs qui utilisent les tablettes numériques passent plus de temps sur le terrain, à observer et à assurer la qualité des travaux, qu'au bureau, à gérer la partie administrative de leur travail. Les rapports d'inspection sont maintenant remplis directement sur le terrain, et les iPad permettent que des photos soient jointes aux rapports. De plus, ces tablettes servent à la consultation des documents. Les inspecteurs conservent à portée de main l'équivalent d'un classeur papier. Les plans, devis, mémos, notes et autres sont enregistrés dans leur appareil et peuvent être consultés sur place, sans perte de temps liée à un retour au bureau. De plus, l'application verse directement l'information compilée par les inspecteurs dans une base de données accessible aux intervenants concernés. L'information circule plus rapidement et le nombre d'intermédiaires, de même que les risques d'erreurs, sont réduits. Les appareils mobiles s'adaptent mieux aux réalités du chantier et à la mobilité des inspecteurs que les ordinateurs standards. Nous avons pu observer un gain de temps et d'efficacité, et les atouts sont grandement appréciés des inspecteurs.

Chantale Germain, Chef proposition estimation chez Hydro-Québec (10 décembre 2013)

LES APPLICATION MOBILES

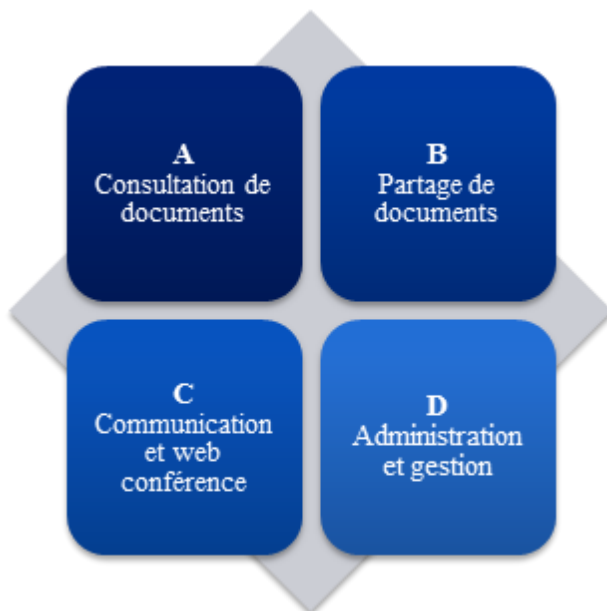
L'avènement des technologies mobiles coïncide avec l'arrivée des réseaux sans fil performants, et cela apporte de nouvelles solutions de collaboration dans le secteur de la construction qui peuvent aider à combattre les silos de communication [26]. De manière explicite, le rôle des technologies mobiles sera d'agir comme passerelle pour le partage et l'échange de l'information entre les différentes disciplines et spécialités impliquées dans le cycle de réalisation de projets. L'apparition des technologies numériques, telles que les tablettes et les téléphones intelligents, a toutefois entraîné la production de masse d'applications mobiles, et cet accroissement rapide a apporté son lot d'inconvénients. Même si une multitude de ces applications sont offertes à faible coût sur le marché, il peut être difficile pour les entreprises désireuses de changements et d'innovation de s'y retrouver et d'identifier des solutions mobiles qui peuvent les aider en matière de communication et de collaboration.

DÉFINITION : Qu'est-ce qu'une application mobile?

Une application mobile est un système développé pour être installé sur un appareil électronique mobile tel qu'une tablette, un téléphone intelligent ou tout autre appareil pouvant être considéré comme mobile.

L'émergence des technologies mobiles a engendré un développement effréné d'applications gratuites ou à faible coût, à un point tel que des milliers sont maintenant disponibles sur le marché, et leur nombre ne cesse d'augmenter. Pour aider à départager les applications ayant une réelle utilité dans le domaine de la construction, nous proposons la classification suivante en quatre catégories (voir la **figure 9**) : A) Consultation de documents, B) Partage de documents, C) Communication et webconférence, D) Administration et gestion. Cette classification a pour objectif d'offrir une meilleure compréhension du potentiel des technologies mobiles à favoriser la collaboration, peu importe le rôle occupé par l'utilisateur.

Figure 9 – Système de classification des applications mobiles
Définition des catégories



A	Permet de visualiser des documents PDF ou autres avec des outils d'annotation de base.
B	Permet de partager des documents par l'intermédiaire d'un dossier partagé sur Internet, tel qu'un serveur privé, service d'infonuagique (<i>Cloud</i>), etc.
C	Permet d'établir des communications audiovisuelles.
D	Permet de collaborer sur un projet à travers des outils de visualisation, de partage de notes, etc., et ce, dans un environnement de collaboration intégrée.

Quoique ce système de classement ne soit pas exhaustif, il met en lumière certaines caractéristiques des différentes applications présentes sur le marché en plus de fournir aux entreprises désirant introduire ce type de technologies diverses possibilités d'intervention auprès de leurs équipes de travail¹⁸.

Plus précisément, les catégories A, B et C regroupent des applications suffisamment simples pour être aisément intégrées au sein des équipes de travail. Leur valeur ajoutée représente davantage les volets communication et accès à l'information nécessaires à la réussite des projets de construction.

Quant à la catégorie D) Administration et gestion, elle demandera davantage d'efforts de la part des entreprises qui veulent mettre en place ce type de stratégie, tant d'un point de vue financier que de celui de la transformation des pratiques traditionnelles. Une définition des besoins et des objectifs devra donc être effectuée afin de bien cibler les résultats escomptés. Toutefois, cette catégorie d'applications représente sans aucun doute celle qui possède le plus fort potentiel dans l'amélioration de la communication et de l'échange d'informations de projet. Elle rejoint l'esprit de cette recherche dans son désir de créer un environnement de travail intégré, soit de bâtir des passerelles de communication entre les différentes spécialités présentes sur les chantiers de construction à travers le processus de réalisation de projets.

¹⁸ Source : Système de classification développé par le Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti (GRIDD) lors de ce projet.

LES APPLICATIONS EN USAGE

LES APPLICATIONS MOBILES UTILISÉES AU QUÉBEC

Inspirée d'une récente étude réalisée aux États-Unis et parue dans ENR (2013), l'enquête effectuée à l'échelle provinciale a permis l'identification des applications les plus utilisées actuellement dans le secteur de la construction sur des appareils mobiles (voir le **tableau 1**)¹⁹. Parallèlement, les interventions menées auprès des entreprises innovantes au Québec ont également permis l'identification d'une série d'applications qu'elles utilisent.

Tableau 1 – Applications toutes catégories confondues

APPLICATIONS LES PLUS UTILISEES (ECHELLE PROVINCIALE)				
Nom	Description	Plateforme	Coût**	Catégorie*
Adobe Reader	Annotation de documents PDF	Apple & Android	Gratuit	A
PDF Reader	Annotation de documents PDF	Apple	Gratuit	A
Dropbox	Emmagasiner et transférer une grande quantité de données	Toutes	Gratuit	B
Skype	Vidéoconférence	Apple & Android	Gratuit	C
FaceTime	Vidéoconférence	Apple	Gratuit	C
AutoCAD 360	Visualiser, éditer et partager des dessins CAO sur le terrain	Apple & Android	Gratuit	D
iCloud	Emmagasiner et transférer une grande quantité de données	Apple	Gratuit	B
Serveur privé	Emmagasiner et transférer une grande quantité de données	Variable	Variable	B
Google Drive	Emmagasiner et transférer une grande quantité de données; Fournit des outils de collaboration et d'édition de documents	Apple & Android	Gratuit	B
Evernote	Prise de notes et organisation du travail	Apple & Android	Gratuit	D ^{***}

* Voir la **figure 9** pour la définition des catégories.

** Pour les applications « gratuites », certaines conditions s'appliquent.

*** En fonction de l'utilisation qui en est faite, Evernote peut se retrouver dans cette catégorie.

¹⁹ Source : Erin Joyce, « Collaboration Apps Top ENR Survey Results », [En ligne], 21 mars 2013.

[http://enr.construction.com/technology/information_technology/2013/0325-collaboration-apps-top-enr8217s-survey-results.asp] (Consulté le 22 avril 2013).

APPLICATIONS LES PLUS UTILISEES PAR LES ENTREPRISES INNOVANTES

Nom	Description	Plateforme	Coût**	Catégorie*
Dropbox	Emmagasiner et transférer une grande quantité de données	Toutes	Gratuit	B
Smart-Use	Annotation et partage de notes sur documents PDF	Tablette PC	Gratuit	D
GoToMeeting	Vidéoconférence collaborative	Apple & Android	Gratuit	C
Bluebeam Revu	Annotation et partage de notes sur document PDF 2D et 3D en mode collaboratif	Tablette PC et Apple	10,00 \$	D
Tekla BIMsight	Visualisation de documents 3D	iPad & tablette PC	Gratuit	D

LES APPLICATIONS EN USAGE AUX ÉTATS-UNIS

Comme il a été mentionné précédemment, les entreprises américaines utilisent de plus en plus souvent les technologies mobiles dans le processus de réalisation de projets. Servant à la comparaison entre les industries américaine et québécoise de la construction, le **tableau 2** présente les applications utilisées chez nos voisins du sud, selon l'étude parue dans ENR en 2013. Il s'agit d'un classement des applications les plus utilisées dans l'industrie américaine selon 726 répondants.

Tableau 2– Classement des 10 applications les plus utilisées aux États-Unis – ENR 2013

MOST RECOMMENDED APPS BY ENR 'FUTURETECH' READERS			
NAME OF APP	READERS' COMMENTS	PLATFORM	COST
Bluebeam Revu for iPad	Most vote for its collaboration features and ability to mark up and measure PDFs	iOS Tablets	\$9.99
Autodesk BIM 360 Field	The punch-listing tool (formerly Vela Sysems) handles 3D files and works “untethered”	iOS/Android	Varies
PlanGrid	Stands out in the crowded market for markup tools; handles many drawings	iPad only for now	Free
Dropbox	Stores and transfers larger files.	iOS/Android/ PCTablet	Free up to 2GB
Good Reader	PDF reader has many annotating functions and reads many formats for pulling up files	iOS/Android/	Free
Decibal Ultra Pro	Used to measure noise levels in spaces and keeps track of prior test data	iOS	99¢
Evernote	Popular app captures notes, voice memos and synchs across all devices	iOS/Android/ PC Tablet	Free
Tracing Paper Lite	Takes a picture and documents existing conditions in a building	iOS	Free
eWeather HD, Alerts Hi-Def Radar	App from Elecont Software includes an earthquake map and NOAA data features	Android only	\$3.99
OSHA Heat Index	Simple, handy way to check safety conditions on jobsites on hot days	iOS/Android/ Blackberry	Free

SOME APPS TESTED AND RECOMMENDED BY ENR EDITORS			
MOST RECOMMENDED	COMMENTS	PLATFORM	COST
Aconex Field	Extends project management software with its ability to track every document on a project	iOS/ Android	Varies
Crane Hand Signals	Simple tool by Specialized Carriers and Rigging Association depicts all crane signals	iOS/ Android	Free
Force Effect by Autodesk	Helps users study structural reactions from images, then scales to drawn diagram with load calculations	iOS/ Android	Free
Threshold	Helps project groups manage, tag and mark up all images from a jobsite	iOS	Per project
MARS by Parworks	The “mobile augmented reality system” lets crews track project progress in 3D with images they snap	iOS/ Android	Free

COMPARAISON ENTRE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE ET AMÉRICAINE DE LA CONSTRUCTION

Les résultats de l'enquête effectuée à l'échelle provinciale démontrent que l'usage des technologies mobiles au Québec est en croissance. Toutefois, malgré une augmentation palpable au sein de l'industrie, ces technologies sont le plus souvent utilisées dans un contexte d'usage personnel, c'est-à-dire afin de consulter de l'information et non de participer activement au processus de réalisation d'un projet. Or, en dépit du fait que deux applications de gestion et d'administration se retrouvent dans ce classement (tableau 2), cette recherche ne permet pas d'identifier l'usage réel de ces applications dans leur contexte d'utilisation.

La situation est toutefois différente en ce qui concerne les entreprises innovantes, puisque trois des cinq applications les plus utilisées sont classifiées comme des applications de gestion et d'administration de projet. Du côté américain, les résultats de l'étude révèlent que les applications de collaboration et de gestion de chantier sont les plus recherchées par l'industrie. D'ailleurs, les trois premières applications de ce classement sont des applications de gestion et d'administration de projet. Néanmoins, il faut mentionner que cette étude n'a pas validé la manière dont ces applications sont utilisées en situation réelle, tant du côté américain que de celui des entreprises innovantes.

DÉFINITION : Qu'est-ce que Bluebeam Revu?

Bluebeam Revu est une application logicielle fonctionnant sous un environnement Windows et sur les tablettes iPad. Conçue pour la réalité du secteur de la construction, elle permet aux utilisateurs de collaborer en temps réel grâce à l'annotation de PDF dans le Cloud.

Source : <http://www.bluebeam.com/>, consulté le 17 septembre 2013.

Ces résultats démontrent que l'industrie de la construction américaine détient une avance dans l'utilisation des technologies mobiles de collaboration sur les chantiers de construction. Toutefois, leur usage grandissant dans ce même secteur au Québec laisse présager que cet écart se réduira. Quoique l'utilisation de ces outils reste encore marginale pour les entreprises d'ici, leur approvisionnement graduel par les travailleurs et intervenants de l'industrie permettra d'introduire des solutions de collaboration et de communication plus aisément.

DÉFINITION : Qu'est-ce que Autodesk BIM 360 Field?

Cette application est une plateforme mobile de gestion de projet exclusivement Cloud. Elle offre des possibilités de gestion et de contrôle de l'information sur le chantier, et peut être utilisée sur iPad ou sur une plateforme Web.

Source : Autodesk, BIM 360 Field – iPad User Guide, [En ligne], 2013.
[http://d3nfeyce9b2imt.cloudfront.net/Mobile_User_Guide.pdf], consulté le 7 septembre 2013.

DÉFIS

La popularité des technologies mobiles dans l'industrie de la construction du Québec ne fait aucun doute. Leur utilisation ne fera qu'augmenter au cours des prochaines années, si l'on se fie aux données obtenues dans le cadre de cette étude. Toutefois, comme il a été mentionné précédemment, les technologies mobiles sont actuellement surtout utilisées sur une base individuelle; leur implantation en tant que solutions de communication et de collaboration nécessitera donc des transformations au sein du secteur. L'emploi grandissant de ce type de technologies aura pour conséquence d'atténuer l'effet de la résistance aux changements, qui est attribuable à de nombreux cas d'échecs d'intégration de nouveaux processus de travail. Malgré tout, l'introduction de nouvelles méthodes de travail suscite de multiples défis.

LA RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT (R-D) DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION

L'industrie de la construction est celle qui investit le moins dans les TIC et l'enseignement supérieur [27]. Ce manque de financement entraîne des lacunes sur le plan des connaissances et n'incite pas le secteur à revoir ses pratiques. Il contribue également à une résistance aux changements généralisée, qui représente la première source d'échec d'implantation des technologies au sein des entreprises [28], appuyant ainsi les cas d'échecs subis par le secteur par rapport à l'intégration des TIC [11]. Paradoxalement, les avantages perçus par plusieurs entreprises les ont poussées à entreprendre un virage vers ces technologies et de nouvelles pratiques [29]. Ces éléments viennent conséquemment appuyer l'importance de la R-D en soutien à ces entreprises, car elle leur permettra d'accéder à de l'information de haut niveau et de moderniser leurs pratiques.

CITATION : Chaire de recherche industrielle Pomerleau

« Pomerleau et Hydro-Québec ont scellé en février 2013 un partenariat avec l'ÉTS, dans l'objectif de créer une chaire de recherche industrielle. Cette collaboration permet aux entreprises d'acquérir des connaissances supplémentaires afin d'innover et de créer des ponts de connaissances entre leurs pratiques et ce qui se fait de mieux dans le monde. »

– Ivanka Iordanova, directrice BIM chez Pomerleau. Propos recueillis lors de l'événement Bâtiment et gestion immobilière – La construction et l'heure des technologies mobiles, Montréal, 7 novembre 2013.

LES PME ET L'INNOVATION

La richesse d'une nation repose sur la santé de ses entreprises et, par conséquent, sur l'innovation. Dans le rapport synthèse du projet *l'Indice de l'innovation par les TIC* du CEFRIO il est reconnu qu'une entreprise performante se doit d'être innovante²⁰. Au Canada, comme dans plusieurs autres pays, les PME sont le moteur de la croissance nette des emplois [30]. Les PME canadiennes représentent plus de 99 % des entreprises du pays, comptent pour 45 % du PIB et emploient 62 % des travailleurs du secteur privé²¹. L'innovation constitue donc un élément crucial pour la survie des entreprises et la préservation de leur avantage compétitif [31]. Néanmoins, dans une perspective plus large, les études tendent à démontrer que les PME innoveraient davantage dans leurs produits que dans leurs processus [32]. *L'Indice de l'innovation*

²⁰ Source : CEFRIO, *Indice de l'innovation par les TIC*, [En ligne], mars 2013.

[http://www.cefrio.qc.ca/media/uploader/Resultats_enquete_menee_entreprises.pdf] (Consulté le 24 novembre 2013).

²¹ Source : Commission des partenaires du marché du travail, *Table ronde – La formation dans les PME*, [En ligne], 24 février 2011.

[http://www.cpmt.gouv.qc.ca/publications/pdf/RECHERCHE_actes_table_ronde_formation_PME.pdf] (Consulté le 18 septembre 2013).

par les TIC du CEFRIO indique que seulement 7 % des entreprises sondées ont appliqué des innovations importantes à leurs procédures de travail, comparativement à 16 % du côté des produits.

Ces données soutiennent l'idée selon laquelle la R-D doit être considérée comme l'une des nombreuses solutions appuyant le processus d'innovation dans les PME, au même titre que l'évolution des produits [33]. L'industrie de la construction québécoise est principalement constituée de PME de cinq salariés et moins. Bien souvent, ces dernières ne disposent ni des ressources ni des capitaux nécessaires pour investir dans la R-D. Même dans le cas des plus grandes entreprises de construction au Québec, la R-D demeure très limitée. La problématique pourrait provenir en partie du mode d'approvisionnement favorisé dans l'industrie, soit le recours au plus bas soumissionnaire. Selon Crotty [8], les modes d'approvisionnement axés sur le moins-disant entraînent une sous-capitalisation de l'industrie. En fin de compte, la R-D ne fait pas partie de la culture des entreprises de construction au Canada, et la recherche universitaire au pays ne dispose pas des ressources pour combler ce besoin [34].

LA GESTION DU CHANGEMENT

CITATION : L'innovation est capitale pour les entreprises

« La survie de notre entreprise est dépendante de notre capacité à innover. En 2010, lors du développement de notre série d'applications, BuildMaster, l'un de nos principaux objectifs était de démontrer à nos partenaires nos aptitudes à innover ainsi qu'à trouver des solutions de communication et de collaboration, afin de faciliter la coordination de projets. »

– Frédéric Perron, directeur marketing chez Canam. Propos recueillis lors de l'événement Bâtiment et gestion immobilière – La construction et l'heure des technologies mobiles, Montréal, 7 novembre 2013.

La gestion du changement dans les entreprises représente un défi de taille. Son importance peut parfois être négligée par les organisations et, malheureusement, cela peut conduire à un échec. D'ailleurs, 58 % des répondants à l'enquête ont identifié la résistance aux changements (voir le **graphique 17** page 28) comme étant l'un des principaux facteurs limitant l'intégration des technologies mobiles. Cet aspect est d'ailleurs traité dans de nombreuses études relatant la gestion du changement comme une source d'insuccès importante dans les projets d'intégration de TIC dans les organisations. Néanmoins, les données de cette étude démontrent que l'usage des technologies mobiles prends de plus en plus de place dans l'industrie (voir le **graphique 3**, page 17). Or, l'une des répercussions de cet usage de diminuer les effets de l'intégration d'un environnement virtuel pour la gestion de l'information.

Malgré cela, la nature du changement qui doit s'imposer dépasse les frontières d'une organisation et nécessite une collaboration multi organisationnelle afin que soient créées des passerelles de communication. Ainsi, même si les technologies mobiles possèdent les capacités d'aider les intervenants à mieux collaborer et communiquer, la nature des changements nécessaires à la transformation des méthodes actuelles demandera un effort de toutes les parties prenantes impliquées dans le processus de conception et de réalisation de projets. Toutes devront coordonner leurs actions afin de faire évoluer leurs processus et ainsi maximiser les bénéfices des technologies mobiles.

CITATION : La peur du changement

« La peur de l'inconnu représente un élément important de la résistance aux changements, la plupart des gens ont peur de se tromper, de faire une erreur irréversible avec la technologie. »

– Jonathan Daigle, estimateur senior, travaux civils chez Pomerleau. Propos recueillis lors d'une entrevue le 13 juin 2013.

CITATION : Changer les méthodes de travail au sein des équipes

« Intégrer les membres du personnel qui subiront directement les changements imposés par les gestionnaires ou les décideurs facilite l'implantation de nouvelles pratiques et fait en sorte que les gens ont le sentiment d'être davantage impliqués dans la réorganisation des processus. »

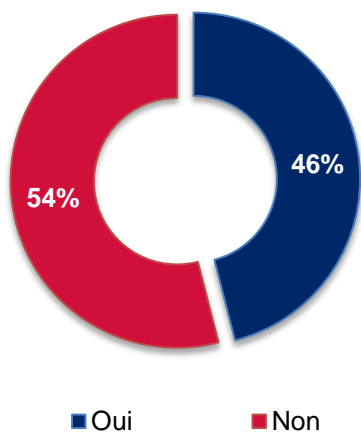
– Chantale Germain, chef proposition estimation chez Hydro-Québec. Propos recueillis lors de l'événement Bâtiment et gestion immobilière – La construction et l'heure des technologies mobiles, Montréal, 7 novembre 2013.

RECOMMANDATIONS

L'étude du taux de pénétration des technologies mobiles dans la construction a mis en lumière que la majorité des entreprises rencontrées ne possèdent pas de stratégie en ce qui concerne l'utilisation de ce type d'outils et les avantages potentiels de leur usage. Le **graphique 21** illustre bien cet aspect, puisque les données obtenues indiquent que les entreprises associent l'intégration de stratégies à la fourniture d'appareils à leurs employés. Pourtant, il est clair que le développement d'une stratégie pertinente adaptée aux besoins réels de l'entreprise possède plus de potentiel que le fait de fournir des appareils mobiles, même si cela représente un premier pas vers cette intégration. La Figure 10 propose un schéma d'intégration des technologies mobiles²².

ENQUÊTE PROVINCIALE

Graphique 21 – Stratégie d'intégration des entreprises envers les technologies mobiles



Base : 700 répondants

Question : Votre entreprise a-t-elle une stratégie pour l'utilisation d'appareils mobiles?

CITATION : Implantation

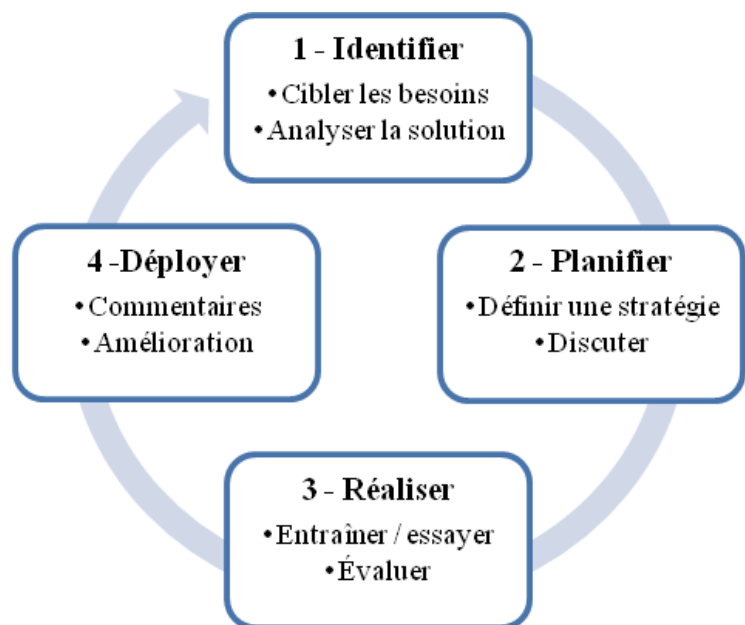
« Fournir un soutien direct et constant aux équipes de chantier pendant l'implantation de technologies mobiles est un élément essentiel à la réussite de l'intégration. »

– Ivanka Iordanova, directrice BIM chez Pomerleau. Propos recueillis lors de l'événement Bâtiment et gestion immobilière – La construction et l'heure des technologies mobiles, Montréal, 7 novembre 2013.

De récentes études réalisées sur le terrain ont démontré que si leur intégration n'est pas accompagnée d'une stratégie claire de déploiement, cela se termine en général par un échec. L'introduction de nouveaux processus demande des efforts. Une planification rigoureuse permettra aux entreprises de tirer des bénéfices importants en plus d'obtenir des améliorations au sein des groupes de travail.

Figure 10– Cycle d'intégration des technologies

Inspiré du COMIT (*Construction Opportunities for Mobile IT, Royaume-Uni*)



²² Source : <http://www.comitproject.org.uk/lessonslearn/>, consulté le 24 juillet 2013.

CONCLUSION

L'enquête a démontré que les technologies mobiles suscitent un intérêt grandissant dans l'industrie de la construction du Québec. Néanmoins, on constate que cette dernière accuse un important retard par rapport aux États-Unis et à d'autres pays tels que l'Angleterre, notamment en ce qui a trait aux améliorations que pourraient apporter les technologies mobiles, tant du point de vue des processus de travail que de celui de la collaboration. En examinant de plus près la situation actuelle, on observe que les entreprises possèdent une volonté certaine de transformer leurs pratiques en vigueur. Cependant, elles ne semblent pas avoir de stratégie pour intégrer ces technologies, puisqu'elles n'ont pas défini les enjeux et les avantages qu'elles pourraient en tirer.

Les technologies mobiles ont beaucoup plus à offrir qu'une simple consultation de courriels ou de calendriers. Pourtant, leur utilisation se limite présentement bien souvent à ces usages personnels. Certaines organisations comme Hydro-Québec et Pomerleau font cependant exception et ont entamé un processus d'intégration des technologies mobiles à leur système de gestion, à travers des plateformes de collaboration.

En résumé, les entreprises innovantes rencontrées dans le cadre de cette recherche ont constaté qu'il y a actuellement un vide à remplir dans l'univers des applications mobiles. Un très faible pourcentage d'applications logicielles sont en effet adaptées à la réalité de la construction, spécialement lorsque l'on parle d'applications de collaboration en temps réel. En dépit de cela, les intervenants provenant de ces entreprises soutiennent qu'il est important de les intégrer dans leurs pratiques, afin de suivre leur évolution et d'établir des ponts entre l'industrie de la construction et les technologies.

CAS D'ENTREPRISES

Voici des fiches qui tracent le portrait de différentes entreprises qui ont intégré les technologies mobiles dans leurs activités.

Liste des entreprises :

- AEdifica
- Groupe Canam
- Hydro-Québec
- Pomerleau
- Exp (Proji-Contrôle)
- AÉRO Mécanique Turcotte inc.
- Concordia Institute for Information Systems Engineering (CIISE)
- Mortenson Construction
- 3L Innogénie

CAS D'ENTREPRISE

Firme d'architecture

Le numérique au service de la conception!

Du premier jet à la première brique, l'omniprésence du numérique!



Ædifica

Profil d'entreprise

- Secteur : Architecture
- Date de fondation : 1980
- Nombre d'employés : 150
- Basée à : Montréal

Ædifica est une agence d'architecture, de design et d'ingénierie qui compte aujourd'hui plus de 170 collaborateurs au Canada, aux États-Unis et en Haïti. Ses services couvrent les domaines de l'architecture, des environnements de travail, des environnements de marque, de l'aménagement commercial, de l'ingénierie et du développement durable. Sa pratique s'articule autour d'une approche intégrée, multidisciplinaire et évolutive, conjuguant conception et réalisation.

Sa mission : tout lieu recèle un formidable potentiel. Pleinement exploité, il répond à des besoins, exprime des valeurs et communique une culture. Créer un lieu signifiant, c'est écouter, analyser, traduire, imaginer, réaliser, c'est aussi maîtriser chaque détail. Pour Ædifica, c'est intégrer tous les talents pour mettre en œuvre la vision du client¹.

¹ Source : <http://m.Ædifica.com/fr/a-propos>, consulté le 9 octobre 2013.

Application Noteshelf sur iPad

Amorcée en début d'année 2013, l'utilisation de l'iPad chez Ædifica est relativement récente. L'entreprise avait le désir d'intégrer davantage les technologies mobiles afin de faciliter la communication et l'accès à l'information au quotidien. Ædifica a opté pour l'iPad en raison de sa puissance, de sa facilité d'utilisation et de ses capacités multitâches. Elle a donc fait l'acquisition de plusieurs tablettes, mais sans imposer la forme de leur usage.

La consommation massive de papier et l'obligation d'avoir un accès constant à un large éventail de documents ont poussé l'entreprise à explorer d'autres solutions de travail afin d'être plus performante. Une grande quantité de croquis est produite lors du développement du concept. Leur utilisation est importante, car ils permettent de communiquer rapidement les idées et d'échanger avec le client. Cependant, le support papier n'est pas pratique pour conserver et échanger cette information. L'un des concepteurs a pris l'initiative de rechercher une application performante sur iPad pour répondre à ce besoin. Après plusieurs essais avec différentes solutions, Noteshelf a été sélectionnée, car elle permet le transport d'un volume important de données simplement et rapidement.

Défis rencontrés

- Intégration d'une base de données centralisée
- Évolution rapide de la technologie rendant difficiles les investissements généralisés
- Interopérabilité entre les différentes plateformes
- Résistance au changement des individus

Résultats et retombées

Actuellement, l'application Noteshelf est utilisée uniquement pour les projets de petite envergure. Toutefois, les performances étonnantes qu'offre la tablette à plusieurs égards invitent à un usage plus large au sein de l'entreprise. Ainsi, en plus de fournir une excellente plateforme pour la conceptualisation et la communication des idées, l'usage de la tablette possède des avantages tels que :

- l'augmentation de la mobilité du travail;
- la réalisation d'économies d'argent et de temps, avec une diminution des impressions et des déplacements inutiles;
- l'exécution simultanée d'une multitude de tâches;
- la simplification de la prise de notes sur le chantier et du suivi de celles-ci (photos, prise de notes précises);
- la diminution des ressources humaines pour la gestion.

Conseils et conclusion

L'intégration des outils mobiles dans un environnement de travail est un défi de taille. Changer les pratiques demande du temps et des efforts considérables. Rares sont ceux et celles qui vont adopter de nouvelles façons de travailler par eux-mêmes, il faut alors les accompagner, leur tracer la route afin de faciliter l'intégration du nouveau processus de travail. Pour y arriver, il est important d'encourager des « champions » qui consacreront du temps à explorer de nouveaux outils et méthodes, tout en valorisant leur travail et en le diffusant au sein de l'entreprise.

Développements futurs

Plusieurs projets sont sur la table à dessin de l'entreprise concernant une utilisation accrue de la technologie mobile. Toutefois, le premier défi, impliquant un usage plus collaboratif du mobile au sein de l'équipe, sera la création d'une base de données centralisée accessible à distance. Dans un deuxième temps, l'entreprise souhaite standardiser les visites de chantier, afin de maximiser les avantages des technologies mobiles.

Témoignage

« Il faut que la technologie permette aux gens de communiquer plus, mais surtout mieux. Soutenir la collaboration et la confiance entre les individus et les disciplines représente le plus grand défi du secteur, car le manque de confiance est un fléau. Si la technologie peut aider à établir des liens de confiance solides, cela va changer le visage de l'industrie à long terme. »

« Le problème avec les technologies, c'est que les gens veulent les intégrer, mais ils ne souhaitent pas toujours changer les pratiques en place, même si les statistiques démontrent qu'il faut changer les pratiques actuelles pour être plus efficace et productif. »

– **Alain Bergeron, architecte associé, AEdifica**

Entrevue réalisée le 8 octobre 2013

CAS D'ENTREPRISE Manufacturier

Utilisation d'une plateforme mobile dans une vision de communication !

Des chantiers plus productifs avec BuildMaster



Groupe Canam

Profil d'entreprise

- Secteur : Bâtiment
- Date de fondation : 1961
- Nombre d'employés : 3400
- Siège social : Saint-Georges
- Bureau administratif : Boucherville

Groupe Canam est le plus important fabricant nord-américain de composantes métalliques pour l'industrie de la construction. Depuis plus de 50 ans, l'entreprise se spécialise dans la conception et la fabrication de produits et solutions sur mesure. La société a pour objectif d'offrir une valeur maximale à long terme à ses actionnaires, clients et employés. Sa stratégie d'affaires mise sur le développement de solutions et de produits novateurs et durables, favorisant l'efficacité manufacturière et la productivité au chantier. Elle participe activement à la réalisation de près de 10 000 projets de construction par année, principalement en Amérique du Nord, dans trois domaines d'activités : bâtiment, charpentes métalliques et ponts¹.

¹Source : http://www.groupecanam.ws/www/v4/gc.nsf/va_redir/structure!open&frame=gc, consulté le 30 juin 2013.

Canam et l'approche BuildMaster

L'approche BuildMaster de Canam vise à modifier les façons de faire de l'industrie de la construction en rendant le processus plus simple, efficace et prévisible. Canam a mis en place un processus qui débute dès la conception du projet et se termine lors de l'installation des composantes d'enveloppe du bâtiment. Les technologies mobiles ont été identifiées comme un vecteur d'augmentation de l'efficacité des chantiers. C'est pourquoi l'entreprise a développé trois applications mobiles, destinées à faciliter l'interaction avec ses clients et partenaires, présentant des caractéristiques de sécurité de l'information :

- BuildMaster Ingénierie : destinée aux ingénieurs civils, elle permet l'accès à certains outils de conception;
- BuildMaster Chantier : destinée aux monteurs d'acier, elle permet le suivi en temps réel des livraisons des différentes composantes du bâtiment;
- BuildMaster Projet : destinée aux propriétaires et aux gestionnaires de projets, elle permet le suivi en temps réel de la progression de l'installation des composantes.

Défis rencontrés

- Problématique de partage de l'information sur le chantier (accès Internet, réseau FTP, etc.)
- Choix et compatibilité entre plateformes : iPhone, Android, BlackBerry, etc.
- Gestion de la sécurité liée à l'utilisation d'appareils mobiles

Résultats et retombées

Canam a mis des tablettes à la disposition de ses gérants de projet afin de faciliter l'accès à la mobilité sur les chantiers. Ils peuvent ainsi jouir d'un accès à l'information de suivi grâce aux systèmes en place. De plus, ils peuvent visionner tous les plans et dessins, et sont en mesure de rédiger leur rapport de visite sur place.

Conseils et conclusion

Bien que l'entreprise se soit intéressée très tôt aux technologies mobiles et qu'elle ait choisi de développer ses propres applications, Canam suggère de regarder ce qui se fait sur le marché avant de procéder au développement d'une application, puisque de nombreux produits y sont maintenant disponibles. À cet effet, un budget d'achat d'applications est dorénavant alloué aux gérants de projet afin qu'ils explorent les technologies mobiles et découvrent celles qui pourraient le mieux contribuer à l'augmentation de la productivité. Celles qui sont jugées pertinentes sont ensuite diffusées à l'ensemble de l'organisation.

Développements futurs

Toujours à l'affût de nouvelles occasions, Canam évalue en temps réel le marché et la pertinence de mettre en place de nouveaux outils ou façons de faire. Certains développements présentement en évaluation pourraient voir le jour sous peu :

- Utilisation d'étiquettes électroniques (RFID) facilitant le suivi des composantes;
- Implantation de codes-barres donnant accès aux paramètres de conception des poutrelles d'acier;
- Conversion de l'ensemble des outils d'ingénierie sous forme de web mobile.

Témoignage

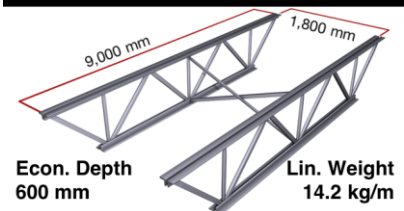
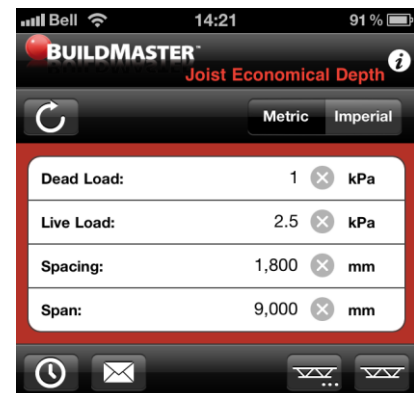
« [...] faire en sorte qu'un chantier de construction soit simple, efficace et prévisible [...] en lien avec l'approche BuildMaster. »

« Utilisez l'approche des technologies mobiles dans une philosophie juste-à-temps, afin de rendre les chantiers plus propres, plus sécuritaires et plus productifs [...] »

– **Frédéric Perron, directeur marketing, Canam**

Entrevue réalisée le 27 juin 2013

Application mobile pour le calcul des poutrelles d'acier



CAS D'ENTREPRISE Donneur d'ouvrage

Création d'une application mobile au service du suivi de projet

Usage des iPad lors du processus de suivi et d'inspection de travaux



Hydro-Québec

Profil d'entreprise

- Secteur : Société d'État
- Division : Hydro-Québec Équipement
- Date de fondation : 1944
- Nombre d'employés : 23 000
- Basée à : Montréal

Hydro-Québec produit, transporte et distribue de l'électricité. Son unique actionnaire est le gouvernement du Québec. Exploitant essentiellement des sources d'énergie renouvelables et plus particulièrement la grande hydraulique, elle soutient le développement d'autres filières – comme l'éolien et la biomasse – par ses achats auprès de producteurs indépendants.

Entreprise responsable et engagée envers le développement durable, elle mène ses projets de construction dans le but de préparer l'avenir. Elle fait aussi de la recherche-développement dans le domaine de l'énergie, y compris en efficacité énergétique¹.

¹ Source : <http://www.hydroquebec.com/a-propos-hydro-quebec/>, consulté le 2 juillet 2013.

Utilisation de *Rétroaction de chantier*

Hydro-Québec intègre de nombreuses pratiques technologiques au sein de ses activités, notamment en ce qui concerne la modélisation 3D d'ouvrages hydrauliques. Hydro-Québec a poussé plus loin son utilisation des technologies en développant une application maison fonctionnant sur iPad.

Déployée en 2008, l'application *Rétroaction de chantier* a été entièrement conçue par **Hydro-Québec**. Elle rassemble en temps réel de l'information provenant des inspecteurs sur les chantiers. Actuellement, l'entreprise compte 200 surveillants de chantier utilisant cette technologie mobile. *Rétroaction de chantier* synchronise donc l'information recueillie et l'achemine sur les bases de données de l'entreprise à Montréal. Cette application est désormais indispensable aux activités d'inspection, de suivi et de gestion des coûts de projets.

Défis rencontrés

- Instauration d'une nouvelle routine d'inspection de travaux, des ordinateurs portables vers les technologies mobiles
- Sécurité de l'information et politiques d'utilisation de ces appareils
- Changement des habitudes de travail des surveillants de chantier
- Utilisation des technologies mobiles en mode hors connexion

Résultats et retombées

Rétroaction de chantier est au cœur des activités d'Hydro-Québec en matière de technologie mobile. L'amélioration continue adaptée aux besoins des utilisateurs et de l'information désirée optimise le temps de présence des inspecteurs sur le chantier en leur donnant accès en temps réel à l'information disponible sur la base de données. Celle-ci est alors synchronisée avec le serveur privé de l'entreprise, et ce, de manière bidirectionnelle : les usagers ont accès à l'information emmagasinée sur le serveur à distance, et ce dernier vient automatiquement chercher l'information du projet sur les tablettes des surveillants. L'application est également liée à un système de classification automatique sur le serveur interne. Elle récupère l'information de chantier – anciennement sous format papier – sous un format numérique, en facilitant le traitement. Enfin, elle permet de standardiser la rédaction de rapports.

Conseils et conclusion

Le succès de l'implantation réside dans la simplicité de l'utilisation, l'implication des surveillants dans le développement de l'application et le soutien de la haute direction. La standardisation des méthodes de collecte de données permet l'obtention des données en temps réel et le traitement rapide de l'information.

Développements futurs

- Consultation de plans 3D sur tablette iPad, avec l'application *Rétroaction de chantier* liée à *3D Via*
- Développement d'une version commerciale de *Rétroaction de chantier*
- Adoption d'autres technologies telles que la réalité augmentée, la *Geo Station* et la numérisation laser en processus d'évaluation
- Intégration des données vers le logiciel de gestion de projet Primavera, afin de valider l'estimation et de documenter le plan tel que construit

Témoignage

« [...] j'étais inspectrice sur les chantiers lorsque j'étais étudiante, et je connaissais les données que j'inscrivais sur mes rapports. Mais ces beaux rapports n'étaient jamais utilisés parce que ceux-ci étaient en format papier, et ce papier était rangé dans des cartables, et ces cartables dans des boîtes, et celles-ci, dans des salles de boîtes. Finalement, ces boîtes n'étaient jamais ouvertes et l'information s'y trouvant jamais utilisée. »

« Il faut que les applications développées possèdent un fonctionnement aussi simple que celui d'un guichet automatique [...] »

– **Chantale Germain, chef proposition estimation, Hydro-Québec**

Entrevue réalisée le 19 juin 2013

CAS D'ENTREPRISE

Entrepreneur général

Les inspecteurs de chantier dans une perspective mobile !

Utilisation de plans numériques



Pomerleau

Profil d'entreprise

- Secteur : Entrepreneur général
- Date de fondation : 1964
- Nombre d'employés : 2000
- Siège social : Saint-Georges
- Bureau : Montréal

Détenant un niveau d'expertise unique dans le domaine de la construction, Pomerleau se démarque tant dans les secteurs commercial, institutionnel et industriel que dans les travaux d'infrastructures et de génie civil. L'entreprise offre une gamme complète de services répondant aux exigences de ses clients. Pomerleau a mis en place des équipes expérimentées détenant des compétences reconnues en gérance de construction, en conception-construction, etc. Elle peut également accompagner ses clients dans toutes les phases de leurs projets, depuis la préconstruction jusqu'à la mise en service des équipements. Au fil des ans, l'entreprise a su développer des outils de gestion efficaces, grâce à une maîtrise totale des techniques de construction¹.

¹Source :

<http://www.pomerleau.ca/constructionentrepreneur/index.aspx>, consulté le 29 juin 2013.

Utilisation de Bluebeam Revu et du BIM

Pomerleau utilise les technologies mobiles dans l'objectif d'améliorer la gestion de l'information sur les projets de construction. Bluebeam est une des technologies mobiles utilisées chez Pomerleau notamment aux travaux civil. Quoique ces pratiques mobiles demeurent, pour le moment, en périphérie de son processus de construction, des analyses sont en cours afin que des logiciels de collaboration soient mis en place. Ces démarches s'inscrivent dans une volonté de l'entreprise d'être à la fine pointe dans la gestion des chantiers.

Pomerleau possède également en son sein une équipe BIM, qui non seulement modélise les projets en 3D, mais aussi effectue la coordination ainsi que l'optimisation de l'échéancier et de l'estimation des projets, et ce, dans un contexte de recherche-développement. Cette méthode lui permet de passer plus de temps à optimiser la logistique et le travail sur le chantier et à sensibiliser les gens y travaillant, en plus de s'assurer que toutes les parties impliquées sont sur la même longueur d'onde. Cette modélisation permet aussi à Pomerleau, lors de la phase d'avant-projet, de faciliter et de valider la prise de quantité.

Défis rencontrés

- Organisation du travail sur les chantiers
- Dimension des fichiers dans le cas d'une modélisation BIM et d'une utilisation sur le chantier
- Craintes à propos de la responsabilité de la maquette
- Dimension des fichiers PDF lorsque ceux-ci ne sont pas sauvegardés dans le bon format
- Collaboration difficile entre les parties, du fait que les contrats sont basés sur le plus bas soumissionnaire

Résultats et retombées

Les inspections de chantier se sont améliorées grâce à l'utilisation des tablettes iPad munies d'un logiciel d'annotations sur des plans PDF 2D. Le niveau de précision des inspections de structures ou autres travaux permet l'insertion de photos exactement à l'endroit où elles ont été répertoriées avec le logiciel. Les résultats de ces améliorations se retrouvent actuellement dans le partage de l'information, lors de réunions d'avant-projet. Celles-ci sont plus pertinentes, car tous les participants voient la même chose, au même endroit. Il s'agit là d'un atout de taille, puisque la gestion du risque et la prise de décisions sont facilitées. De plus, l'échange de l'information permet aux gens de voir la même complexité dans le projet.

Conseils et conclusion

L'entreprise utilise la modélisation 3D dans plusieurs de ses projets. Néanmoins, peu de gens sont en mesure de travailler avec des logiciels de modélisation performants. Cela représente une barrière à l'usage de modèles 3D en général, mais aussi au chantier. Ainsi, l'importation de maquettes 3D vers des PDF 3D représente une des avenues potentielles identifiées par l'entreprise, puisque l'usage du PDF facilite son intégration sur le chantier, notamment grâce à :

- un allègement de la taille des fichiers;
- une simplicité d'utilisation du PDF 3D.

La mobilité que procure le PDF 3D sur les chantiers est un avantage, car elle favorise la productivité et l'accès à l'information, peu importe où les gens se trouvent.

Développements futurs

- Bluebeam Revu Studio, qui est le mode collaboratif de Revu, est présentement en évaluation afin d'être intégré aux activités de l'entreprise dans le département relié au génie civil.
- Smart-Use, logiciel québécois, est également évalué et des essais auront lieu sur différents chantiers d'ici les prochains mois. Les essais ont pour objectifs de démontrer la polyvalence de ce logiciel. Smart-Use sera déployé sur plusieurs chantiers si les tests s'avèrent concluants.

Témoignage

« Être à l'écoute de nouvelles solutions axées vers les technologies mobiles dans l'objectif d'être avant-gardiste, c'est ce qui fait la différence entre nous et nos concurrents. »

– **Jonathan Daigle, estimateur senior, travaux civils, Pomerleau**

Entrevue réalisée le 13 juin 2013

CAS D'ENTREPRISE

Fournisseur de logiciels de gestion de projet

La technologie mobile au service de l'échéancier !

Du chantier vers le bureau



Exp (Proji-Contrôle)

Profil d'entreprise

- Secteur : Génie conseil
- Sous-secteur : Fournisseur de logiciels de gestion de projets
- Date de fondation : 1906
- Nombre d'employés : 3 500
- Basée à : Montréal

Fusionné il y a trois ans avec la firme Delsaer, puis acheté par exp, une firme d'ingénieurs-conseils, **Proji-Contrôle** est un fournisseur de logiciels de gestion de projets spécialisés qui aident les gestionnaires de projets et les estimateurs à mieux réaliser leurs tâches. Les logiciels de gestion fournis par l'entreprise permettent aux utilisateurs de faire de la gestion de risques tout en réduisant le temps consacré à l'estimation. Proji-Contrôle offre aussi des services d'accompagnement et des formations à diverses entreprises¹.

Primavera P6 Web et P6 Team Member

La mission de Proji-Contrôle est de fournir des outils de gestion afin d'améliorer les processus de contrôle, de planification et d'estimation dans le cadre d'un projet de construction. L'entreprise travaille actuellement à introduire un logiciel de gestion de projets performant adapté à la réalité de l'industrie de la construction. Le logiciel Primavera P6 Web, accompagné de l'application mobile P6 Team Member, vise à aider les entreprises à gérer leurs différents projets de manière mobile. L'utilisation de logiciels de gestion de projet est courante dans l'industrie, toutefois la mise à jour de l'information est souvent difficile, car elle doit être collectée directement sur le chantier. L'application P6 Team Member permet donc la mise à jour de l'échéancier des travaux en temps réel, rapidement et simplement, et offre la possibilité d'annexer des documents de projets directement aux tâches, par exemple des dessins d'atelier ou une section du devis. L'usage de ce logiciel facilite l'accès aux informations du projet sur le chantier, en plus de fournir de l'information en temps réel grâce à l'application P6 Team Member.

Défis rencontrés

- Standardisation des méthodes de collecte de l'information lors du processus de planification de projets
- Implantation de logiciels simples et très pertinents
- Intérêt de l'industrie envers ces technologies

¹ Source : <http://www.projicontrôle.com/fr/>, consulté le 3 juillet 2013.

Résultats et retombées

Primavera P6 Web est un logiciel complexe qui demande de maîtriser les principes et pratiques de gestion de projets. L'outil exige des connaissances théoriques et techniques poussées, et présente une courbe d'apprentissage relativement longue. Son usage n'est donc pas adapté aux chantiers de construction. C'est pourquoi Oracle a développé une application facile d'utilisation pour répondre à ce besoin. Primavera P6 Team Member, qui fonctionne sur iPhone et Android, offre aux utilisateurs la possibilité de mettre à jour et de consulter en temps réel l'information provenant du chantier. Non seulement cette application est très économique, mais elle est axée vers la simplicité, la facilité d'apprentissage et, évidemment, la synchronisation de l'avancement des tâches au chantier de manière automatique. L'interopérabilité entre le logiciel Primavera P6 Web et l'application P6 Team Member permet l'attribution de tâches à un responsable, leur mise à jour, la saisie des heures travaillées, et constitue ainsi une solution de décentralisation du processus de gestion de projet.

Conseils et conclusion

Si Primavera offre à l'utilisateur la possibilité d'intégrer des tâches avec un niveau de détails utiles, P6 Team Member permet le découpage des tâches en séquences, facilitant la mesure de la performance dans un projet. Indépendamment de l'échéancier classique, l'application permet d'aller chercher l'information réelle où elle se trouve, c'est-à-dire au chantier.

Développements futurs

- Primavera Unifier est présentement en évaluation au sein de l'entreprise. Ce logiciel créé par Oracle est un gestionnaire de documents via un processus automatisé.
- Intégration des dessins 3D au processus d'estimation en temps réel

Témoignage

« [...] le secret du succès est de trouver un moyen de décentraliser le processus de planification afin d'intégrer les gens sur le chantier comme le surintendant, pour qu'ils puissent participer facilement à la mise à jour de l'échéancier sans que ce soit trop complexe [...] »

« Primavera P6 Team Member est un véhicule qui permet de voir l'avancement des travaux en temps réel [...] »

– **Daniel Boyd, directeur de Proji-Contrôle**

Entrevue réalisée le 26 juin 2013

CAS D'ENTREPRISE

Entreprise spécialisée

La géolocalisation au service des clients!

La gestion des déplacements, une question d'optimisation



AÉRO Mécanique Turcotte inc.

Profil d'entreprise

- Secteur : Entreprise spécialisée
- Date de fondation : 1993
- Nombre d'employés : 75
- Basée à : Laval

AÉRO Mécanique Turcotte œuvre dans les domaines de la ventilation, de la climatisation, du chauffage, de la plomberie et de la géothermie. L'entreprise se distingue par sa capacité à mener des projets clés en main en collaboration avec les architectes, de la conception jusqu'à la réalisation. Depuis 1993, AÉRO Mécanique Turcotte offre à sa clientèle résidentielle, commerciale et industrielle une gamme complète de produits et services à la fine pointe de la technologie, en partenariat avec des professionnels et des entrepreneurs spécialisés triés sur le volet, et reconnus pour la qualité et la fiabilité de leurs services. L'entreprise travaille en complète synergie afin de développer des solutions efficaces garantissant une saine gestion de l'énergie¹.

Utilisation du logiciel Astuce

L'application logicielle commerciale Astuce a fait son entrée en 2006 chez AÉRO Mécanique Turcotte. Son influence sur la planification des déplacements sur le terrain des différentes équipes est essentielle. L'application détermine la position des équipes de travail à l'aide d'un service de géolocalisation, ce qui minimise les temps de déplacement tout en améliorant le service aux clients. Le groupe de gestion peut connaître l'emplacement exact des camions de services et des véhicules des contremaîtres de l'entreprise, et ainsi optimiser leurs déplacements. AÉRO Mécanique Turcotte utilise cette procédure afin de mieux gérer les transports. En situation délicate, les délais sont importants, et avec le logiciel Astuce, l'entreprise est en mesure d'estimer précisément le temps restant avant l'arrivée sur les lieux des intervenants.

Défis rencontrés

Plusieurs défis ont été relevés par l'entreprise, avant et après l'implantation de ce système dans les activités journalières des employés.

- Difficulté à convaincre les gens en place de la nécessité d'un outil de géolocalisation pour l'entreprise
- Démonstration d'un rendement de l'investissement positif
- Changement des pratiques de travail en place

¹ Source : <http://www.aeromt.ca/>, consulté le 29 octobre 2013.

Résultats et retombées

L'usage d'un logiciel de localisation permet à AÉRO Mécanique Turcotte de limiter les pertes de temps sur les chantiers et dans ses bureaux ainsi que de diminuer le nombre d'appels téléphoniques vers les camions de services. Le groupe de gestion peut conséquemment avoir plus de contrôle sur les déplacements des équipes de travail et sur la planification des travaux. De plus, l'application logicielle permet la création d'un historique des déplacements des différentes unités de travail et assure ainsi une correspondance entre la facturation et les endroits travaillés. Les équipes de gestion peuvent de surcroît vérifier les conditions routières et adapter les différents déplacements des équipes sur le terrain en fonction de la circulation, des accidents ou encore des travaux, afin d'optimiser les déplacements et d'assurer un service rapide et efficace.

Conseils et conclusion

L'implantation du logiciel **Astuce**, combinée avec un service de géolocalisation, a permis à l'entreprise d'optimiser son processus de gestion de projets et d'assurer un suivi de qualité. À la suite du succès d'**Astuce**, l'entreprise a décidé en 2011 de fournir à tous ses employés sur le terrain un iPhone. Cette technologie mobile permet au groupe de gestion d'acheminer de l'information pertinente aux employés sur les chantiers en temps réel. Quoique ces pratiques ne soient pas régulières au sein de l'entreprise, l'intégration des technologies mobiles se fait graduellement.

Développements futurs

Après avoir optimisé les déplacements de sa flotte, l'entreprise désire entreprendre un virage numérique pour le suivi des stocks et le système de facturation sur les lieux de travail, ce qui lui permettra d'être encore plus performante. Forte de ce succès, elle entend, dans un avenir proche, fournir des tablettes aux équipes de chantier.

Témoignage

« Lorsqu'une situation d'urgence se présente, ce n'est pas le moment de chercher à quel endroit se trouvent tes équipements, il faut agir le plus rapidement possible. [...] Le système de géolocalisation nous permet d'y faire face et de répondre à la situation efficacement. »

« Limiter les pertes de temps liées au transport et aux dérangements des équipes de travail permet à l'entreprise d'optimiser les heures de travail et de répondre aux besoins de sa clientèle. »

– **Michel Turcotte, vice-président directeur, AÉRO Mécanique Turcotte inc.**

Entrevue réalisée le 25 octobre 2013

CAS D'ORGANISATION Secteur universitaire

Automatisation du secteur de la construction grâce à la RFID La recherche et le développement



Concordia Institute for Information Systems Engineering (CIISE)

Profil d'organisation

- Secteur : Université Concordia
- Date de fondation : 2002
- Basée à : Montréal

Professeur à l'Université Concordia depuis 2003, Amin Hammad a travaillé en collaboration avec des étudiants à la maîtrise et au doctorat au laboratoire CIISE afin de mettre en place des concepts d'utilisation de la technologie RFID sur les chantiers de construction. La localisation par radiofréquence est un type de technologie d'identification automatique dans lequel les fréquences sont utilisées pour capturer et transmettre des informations vers une base de données centralisée (Hammad et Motamedi, 2009). L'objectif de leurs travaux est d'automatiser le processus de construction avec l'aide de l'information recueillie en temps réel et avec l'utilisation d'étiquettes électroniques installées sur les matériaux, les équipements et la main-d'œuvre présents sur les chantiers.

Identification par radiofréquence (RFID)

L'Université Concordia effectue des travaux sur les radio-étiquettes depuis 2009. L'utilisation de ces dernières, émettrices d'une onde radio, permet de recueillir de l'information provenant du chantier de manière automatique, et ce, en temps réel. Quoique le recours à ce système n'ait pas été testé dans une situation réelle pour le moment, l'utilisation de la RFID pourrait avoir des incidences sur le suivi des taux de productivité sur les chantiers de construction. Il serait ainsi possible de suivre les livraisons vers le chantier, de connaître la machinerie présente sur place ou de localiser des équipements grâce à l'identification des matériaux, de la machinerie ou encore de la main-d'œuvre avec des étiquettes contenant de l'information permettant de déterminer leur localisation au moyen de la bande ultralarge (UWB). Cette dernière fonctionne de manière similaire aux services de géolocalisation, communément appelés GPS. Les données sont par la suite acheminées vers une base de données centralisée, développée par l'équipe de recherche et nommée *Real-time system software*.

Processus de collecte de données

- Étape 1 : Collecter les données sur le site avec des capteurs UWB.
- Étape 2 : Centraliser l'information sur une plateforme logicielle permettant de traiter l'information provenant du chantier.
- Étape 3 : Renvoyer l'information vers le chantier, aux personnes concernées, en utilisant une plateforme mobile.

Défis rencontrés

- Obtention des données en temps réel sur le chantier
- Problématique de vie privée
- Recherche d'un chantier de construction prêt à essayer cette technologie
- Problèmes techniques du système Wi-Fi
- Coût des étiquettes dites « intelligentes »
- Durée de vie de la batterie de l'étiquette électronique
- Standardisation de l'information provenant du chantier

Résultats et retombées

L'utilisation de la RFID dans le secteur de la construction pourrait avoir une influence considérable sur le respect des échéanciers et des coûts de projets. Elle faciliterait l'obtention de l'information en temps réel et permettrait ainsi aux intervenants de prendre de meilleures décisions, et ce, plus rapidement. Ceux-ci pourraient par exemple ajuster la séquence des travaux en fonction des événements non prévus provenant du chantier. De plus, le système RFID pourrait offrir des solutions intéressantes par rapport aux besoins suivants :

- Détecter les retards ou les avancements sur les livraisons, et adapter la planification de travaux en conséquence;
- Optimiser les déplacements de la machinerie sur le site;
- Faciliter la prévention sur le chantier en identifiant les zones à haut risque;
- Déterminer le temps de travail réel effectué pour une tâche précise
- Intégrer l'information avec la maquette produite grâce au BIM (*Building Information Modeling*).

Développements futurs

- Essai en situation réelle sur un chantier
- Distribution de l'information aux travailleurs, en fonction de leurs tâches, sur des appareils mobiles
- Standardisation de l'information recueillie

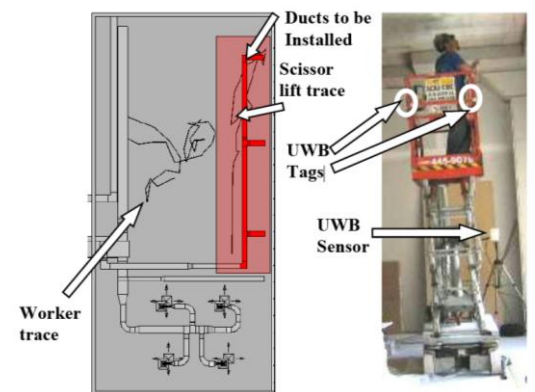
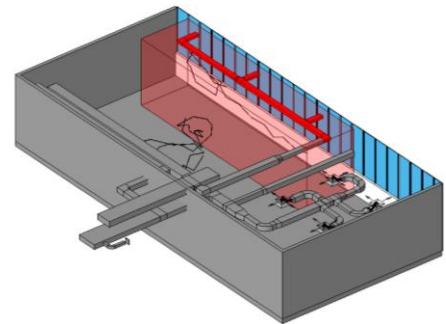
Témoignage

« L'information provenant du chantier doit être traitée afin d'aider la prise de décision et d'appuyer le respect des coûts et des échéanciers de projets. »

« L'identification de la machinerie sur le chantier permettra d'obtenir de l'information en temps réel. [...] Cette information pourra ensuite être traduite par un taux de production qui nous donnera des précisions sur l'échéancier de projet. »

– Amin Hammad, professeur à l'Université Concordia

Entrevue réalisée le 7 octobre 2013



Utilisation de capteurs UWB pour le suivi des travailleurs sur chariot élévateur

CAS D'ENTREPRISE Firme d'ingénierie

L'efficacité dans le suivi des déficiences grâce à l'usage du mobile! Autodesk BIM 360 Field sur un chantier québécois



3L Innogénie

Profil d'entreprise

- Secteur : Constructeur propriétaire
- Date de fondation : 2009
- Nombre d'employés : 10
- Basée à : Boucherville

Se décrivant davantage comme une firme de développement technologique, l'entreprise 3L Innogénie met de l'avant plusieurs solutions afin d'automatiser les chantiers de construction et de les rendre plus productifs. Par exemple, le système Upbrella, testé sur un projet multirésidentiel, a fait la manchette grâce à son caractère novateur et à sa performance¹. Par ailleurs, l'entreprise a intégré les technologies mobiles dans sa démarche de livraison de projet et de surveillance de travaux, avec l'utilisation d'Autodesk BIM 360 Field. Ainsi, la tablette iPad sert pour le contrôle et le suivi de l'information, lors de la période de livraison du projet.

¹Source :

<http://www.3linnogenie.com/ckfinder/userfiles/files/securite-travail.pdf>, consulté le 7 octobre 2013.

Autodesk BIM 360 Field

L'application logicielle Autodesk BIM 360 Field a permis à l'entreprise d'optimiser sa collecte d'information sur le chantier lors de la période de mise en service du bâtiment. Utilisant un service d'archivage de l'information grâce à l'infonuagique, ou *Cloud Computing*, l'application offre à ses utilisateurs la possibilité de suivre l'information recueillie à un seul endroit, sur une base de données multiaccès. Anciennement appelé « Vela System », Autodesk BIM 360 Field peut être utilisé sur n'importe quel navigateur Web. Toutefois, en mode mobilité, l'application n'est compatible qu'avec l'iPad. Son usage directement sur le chantier a entraîné une importante amélioration des communications de l'équipe de projet, qui s'explique par la centralisation de l'information sur une base de données et par le partage rapide des renseignements relatifs aux travaux en cours. Cet outil facilite donc le suivi des déficiences et l'avancement des travaux.

Défis rencontrés

L'intégration de nouvelles méthodes de gestion et de contrôle de l'information peut demander des efforts supplémentaires aux équipes en place, notamment :

- du temps d'adaptation;
- plus de temps de préparation afin de faire un suivi des événements de chantier (standardisation, configuration des comptes, etc.);
- la capacité des gens en place à travailler avec des technologies mobiles (partenaires, sous-traitants, etc.).

Résultats et retombées

L'utilisation d'Autodesk BIM 360 Field sur le terrain a représenté un élément important dans le suivi des événements de chantier du projet. De nombreux aspects positifs ont été constatés par les usagers et les personnes responsables sur le terrain :

- Diminution des déplacements inutiles;
- Accès rapide et facile à l'information;
- Suivi efficace des tâches des différents sous-traitants;
- Mise en forme de l'information claire et ordonnée;
- Standardisation du processus de collecte de données;
- Collecte d'information plus longue, mais plus ordonnée.

Conseils et conclusion

L'expérience acquise par 3L-Innogénie grâce à l'utilisation d'Autodesk BIM 360 Field en situation réelle a amélioré le suivi et le contrôle de l'information sur le projet. Néanmoins, l'expérimentation effectuée avec l'application a permis à l'équipe de constater que l'implantation de nouvelles méthodes est difficile et que le taux de succès est faible, si personne ne prend les commandes de l'intégration des technologies sur le chantier.

Développements futurs

Les nombreux avantages associés à l'usage de technologies mobiles sur le chantier ont convaincu l'entreprise de les intégrer à d'autres phases du projet de développement immobilier. Toutefois, afin que l'accès à l'information sur le site ainsi que le contrôle des coûts et des échéanciers de projets soient améliorés, d'autres avenues seront testées :

- Mise à disposition de grands écrans tactiles servant de points d'accès à l'information;
- Coordination de la séquence des travaux en fonction de la liste de déficiences en priorité (interopérabilité avec d'autres logiciels de gestion de projets).

Témoignage

« Lorsque l'on désire implanter un outil, peu importe son objectif, il faut absolument charger quelqu'un de l'intégration du logiciel pour augmenter le pourcentage de réussite. »

« Il faut trouver une solution au transport constant de l'iPad, qui pose un problème de confort et complique les déplacements sur le projet [...] »

– **Joey Larouche, président de 3L-Innogénie**

Entrevue réalisée le 5 mars 2013

Interface de l'application Autodesk BIM 360 Field



CAS D'ENTREPRISE Entrepreneur général

Outils de collaboration dans le processus de construction Collaborer en temps réel avec les sous-traitants, l'efficacité réinventée



Mortenson Construction

Profil d'entreprise

- Secteur : Entrepreneur général
- Date de fondation : 1954
- Basée à: Minneapolis

Mortenson Construction est un entrepreneur général important aux États-Unis, classé parmi les meilleurs dans ce pays. Principalement reconnue pour son expertise dans la conception virtuelle et la construction, l'entreprise est une pionnière de l'application des technologies dans le domaine de la construction. Elle les utilise dans toutes les phases d'un projet, de l'avant-projet à la maintenance, en passant par la construction. Avec la création de son centre pour l'innovation dans la construction en 1996, Mortenson Construction a commencé à se concentrer sur le BIM et la recherche-développement liés à la conception virtuelle, livraison intégrée. En 2009, l'entreprise entreprend des démarches d'intégration, sur les chantiers de construction, de tables de dessins numériques combinant alors l'utilisation de dessins traditionnels 2D et les plans 3D sur le terrain¹.

¹ Source : <http://www.mortenson.com/VDCHistory.aspx>, consulté le 15 août 2013.

Utilisation de Bluebeam Revu Studio

Mortenson Construction a entrepris un autre virage technologique, soit celui de la mobilité dans le processus de construction, afin de documenter et de suivre l'avancement des travaux en temps réel. Pour cela, l'entreprise a intégré des technologies Bluebeam Revu dans le cadre d'un important chantier situé à Denver, au Colorado, soit le Ralph L. Carr Colorado Judicial Center. Installé sur les postes utilisateurs individuels, les tablettes PC ou iPad, le logiciel Bluebeam Revu est axé sur la consultation, l'annotation et l'édition de PDF. Toutefois, celui-ci se caractérise par ses capacités de collaboration en temps asynchrone ou synchronisé, grâce à sa fonctionnalité Studio. Celle-ci procure à l'équipe de projet des informations de meilleure qualité, lui permet de visualiser l'avancement et fournit un accès instantané aux informations de projet en temps réel.

Défis rencontrés

La documentation papier constitue une composante qui ralentit tant le processus de vérification d'achèvement que la communication entre l'entrepreneur général et les sous-traitants.

- Suivi des informations d'un projet
- Communication axée sur un processus papier traditionnel
- Suivi des déficiences et des travaux
- Maintien des dossiers du travail et problèmes
- Document entre les phases du projet

CAS D'ENTREPRISE

Mortenson Construction

Résultats et retombées

L'intégration de Bluebeam Revu Studio dans le processus d'inspection de chantier a permis à Mortenson Construction de faire des améliorations importantes en ce qui concerne la mise à jour et le suivi de l'état d'avancement de chantier, par exemple :

- Mise à jour des tâches à effectuer/terminer;
- Représentation graphique des problèmes sur le chantier en temps réel;
- Diminution de la quantité de temps nécessaire pour documenter les questions/réponses techniques (QRT);
- Aucuns frais pour les personnes rejoignant une session « Studio Project »;
- Données répertoriées à un seul endroit;
- Données recueillies en temps réel.

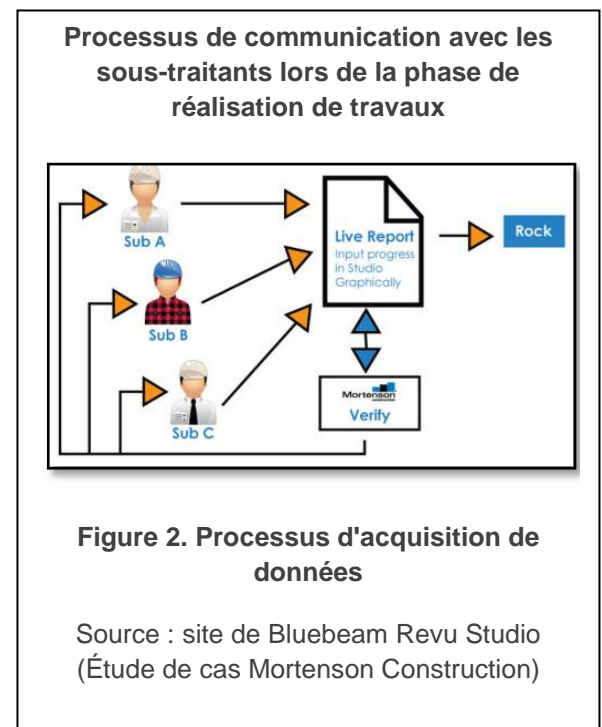
Conseils et conclusion

L'implantation du logiciel **Astuce**, combinée avec un service de géolocalisation, a permis à l'entreprise d'optimiser son processus de gestion de projets et d'assurer un suivi de qualité. À la suite du succès d'**Astuce**, l'entreprise a décidé en 2011 de fournir à tous ses employés sur le terrain un iPhone. Cette technologie mobile permet au groupe de gestion d'acheminer de l'information pertinente aux employés sur les chantiers en temps réel. Quoique ces pratiques ne soient pas régulières au sein de l'entreprise, l'intégration des technologies mobiles se fait graduellement.

Développements futurs

Selon Mortenson, Bluebeam Revu Studio a contribué à révolutionner l'approche de l'entreprise en ce qui concerne le suivi de l'état d'avancement et de la documentation. Dean Towl, directeur de la planification de projet pour le bureau de Denver de Mortenson Construction, a déclaré que l'usage de Bluebeam Revu Studio fait en sorte que le flux de travail de l'entreprise est plus efficace et facile à suivre.

- Augmenter la collaboration
- Réduire la reprise de travaux
- Améliorer la qualité de construction



BIBLIOGRAPHIE

1. Silva, L.P., et al. *Real Time Information Integration via "i-Booth®"*. in *Construction Research Congress 2010@ sInnovation for Reshaping Construction Practice*. 2010. ASCE.
2. Lebeau, D. and C. Plourde, *Bâtir et innover : tendances et défis dans le secteur du bâtiment*. Avis (Québec (Province). Conseil de la science et de la technologie), 272 p., 2003.
3. Berry, D. *A Cloud and Mobile Revolution Is Transforming Construction Jobsites*. Construction Executive eNewsletter, 2013. **2**.
4. Venkatraman, S. and P. Yoong, *Role of mobile technology in the construction industry—a case study*. International Journal of Business Information Systems, 2009. **4**(2): p. 195-209.
5. Ruwanpura, J.Y., K.N. Hewage, and G.F. Jergeas, *IT Usage in Alberta's Building Construction Projects: Current Status and Challenges*. Automation in Construction, 2008. **17**(8): p. 940-947.
6. Löfgren, A., *Mobility in-site: Implementing mobile computing in a construction enterprise*. Communications of the Association for Information Systems, 2007. **20**(1): p. 12.
7. Rivard, H., *A survey on The Impact Of Information Technology On The Canadian Architecture, Engineering and Construction Industry*. Electronic journal of information technology in construction, 2000. **5**: p. 37-56.
8. Crotty, R., *The Impact of Building Information Modeling Transforming Construction*. Abingdon (Oxon) : Spon Press, 212 p., 2012.
9. Winch, G., *Managing Construction Projects : An Information Processing Approach*. 2nd ed. Ames, Iowa : Blackwell Pub. 522 p., 2010.
10. Nourbakhsh, M., et al., *Mobile Application Prototype for On-Site Information Management in Construction Industry*. Engineering, Construction and Architectural Management, 2013. **19**(5): p. pp. 474-494.
11. Bowden, S., et al. *Making the Case For Mobile IT in Construction*. in *International Conference on Computing in Civil Engineering*. L. Soibelman & F. Pena-Mora, eds., ASCE. 2005.
12. Leeuwen, J.V. *Computer Support for Collaborative Work in the Construction Industry*. in *Charm Gonçalves and Steiger-Garçao, Proceedings of the international conference on concurrent engineering*. 2003.
13. Danielsen, S.W., *International perspective on BIM : Experiences Internationally and in Norway in Launching the Icelandic Construction Technology Platform 2007*: SINTEF Byggforsk, Norway.
14. Forgues, D. and S. Staub-French, *Improving efficiency and productivity in the construction sector through the use of information technologies*. 2011.
15. Joyce, E., *Collaboration Apps Top ENR Survey Results*. Engineering News-Record, 2013.
16. Bernstein, H. and M. Russo, *New Survey Shows That Mobile Tools Boost Jobsite Productivity*. Engineering News-Record, 2012: p. 23-28.

17. Dave, B., S. Boddy, and L. Koskela, *Improving Information Flow Within the Production Management System With Web Services*. Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2010: p. 445-455.
18. Koskela, L., *An exploration towards a production theory and its application to construction*. 2000, VTT Technical Research Centre of Finland: Thèse de doctorat. p. 298.
19. Forgues, D. and S. Staub-French, *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information - Phase IV*. 2013: Sous presse. p. 79.
20. Hewage, K.N. and J.Y. Ruwanpura, *A novel solution for construction on-site communication-the information booth*. Canadian Journal of Civil Engineering, 2009. **36**(4): p. 659-671.
21. Chen, Y. and J.M. Kamara, *The Use of Mobile Computing in Construction Information Management*. Proceedings of the 21st Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) SOAS, London., 2005.
22. Tsai, M.-K., *Improving Communication Barriers for On-site Information Flow: An Exploratory Study*. Advanced Engineering Informatics, 2009. **23**(3): p. 323-331.
23. Changyoon, K., et al., *On-site Construction Management Using Mobile Computing technology*. Automation in construction, 2013. **In Press, Corrected Proof — Note to users. 9 p.**
24. Bowden, S. and A. Thorpe. *Mobile Communications for On-Site Collaboration*. in *Proceedings of the ICE-Civil Engineering*. 2002. Ice Virtual Library.
25. Forgues, D., *Using Boundary Objects to Generate Better Value in the Construction Industry 2008*, UK, Salford University: Thèse de doctorat en environnement bâti. p. 304.
26. Bowden, S., et al., *Mobile ICT Support for Construction Process Improvement*. Automation in construction, 2005. **15**(5): p. 664-676.
27. Dale, J.W., H.S. Mun, and S.J. Kevin, *Growth of US industries and investments in information technology and higher education*. Economic Systems Research, 2005. **15**(3): p. 279-325.
28. Maurer, R., *Transforming Resistance*. Training and Development, 1996. **50**(12): p. 20-23.
29. Peansupap, V. and D.H.T. Walker, *Factors Enabling Information and Communication Technology Diffusion and Actual Implementation In Construction Organisations*. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 2005. **10**: p. 193-218.
30. Parsley, C. and E. Dreessen, *Projet sur les entreprises en croissance : Principales constatations*. 2004.
31. Abdallah, L.B., *La réussite du processus d'adoption des innovations organisationnelles en PME*, in *Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME*. 2012.
32. Hoffman, K., et al., *Small Firms, R&D, Technology and Innovation in the UK: a Literature Review*. Technovation, 1998. **18**(1): p. 39-55.
33. Adams, R., J. Bessant, and R. Phelps, *Innovation management measurement: A review*. International Journal of Management Reviews, 2006. **8**(1): p. 21-47.
34. Forgues, D. and L.M. Farah, *Back to the future : Is the canadian AEC education adapting to the new needs of its industry*, in *CSCE 2013*. 2013 Montréal. p. 9.

Le CEFRIO est le centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations, à l'aide des technologies de l'information et de la communication (TIC). Il regroupe près de 150 membres universitaires, industriels et gouvernementaux ainsi que 80 chercheurs associés et invités. Sa mission : contribuer à faire du Québec une société numérique, grâce à l'usage des technologies comme levier de l'innovation sociale et organisationnelle. Le CEFRIO, en tant que centre de liaison et de transfert, réalise, en partenariat, des projets de recherche-expérimentation, d'enquêtes et de veille stratégique sur l'appropriation des TIC à l'échelle québécoise et canadienne. Ces projets touchent l'ensemble des secteurs de l'économie, tant privé que public. Les activités du CEFRIO sont financées à près de 74 % par ses propres projets et à 26 % par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche, de la Science et de la Technologie (MESRST), son principal partenaire financier.



*Enseignement supérieur,
Recherche, Science
et Technologie*



**POUR TOUT RENSEIGNEMENT COMPLÉMENTAIRE,
VEUILLEZ COMMUNIQUER AVEC NOUS.**

info@cefrio.qc.ca
www.cefrio.qc.ca

BUREAU DE QUÉBEC

888, rue Saint-Jean
Bureau 575
Québec (Québec)
G1R 5H6

Tél. : 418 523-3746

BUREAU DE MONTRÉAL

550, rue Sherbrooke Ouest
Tour Ouest, bureau 1770
Montréal (Québec)
H3A 1B9

Tél. : 514 840-1245