

# Le rôle des objets-frontières dans l'apprentissage et la performance d'équipes d'étudiants travaillant à des projets de conception de bâtiments

François **Chiocchio**  
 Université de Montréal  
[f.chiocchio@umontreal.ca](mailto:f.chiocchio@umontreal.ca)

Daniel **Forgues**  
 École de technologie supérieure  
 Montréal  
[daniel.forgues@etsmtl.ca](mailto:daniel.forgues@etsmtl.ca)

*Article de réflexion pédagogique*

## Résumé

La pédagogie universitaire et le monde du travail sont tous deux influencés par les technologies de l'information. Dans le domaine de la conception de bâtiments durables, ces technologies servent d'objets-frontières, c'est-à-dire d'interfaces qui facilitent les interactions et le partage des connaissances nécessaires au travail multidisciplinaire. Fondé sur les théories de l'apprentissage social et de l'action située ainsi que sur des données probantes issues de plusieurs domaines dont la gestion de projet, l'architecture, l'ingénierie civile, l'ingénierie des systèmes et la conception participative, cet article présente un réseau nomologique illustrant les relations entre des phénomènes individuels et collectifs en jeu au sein d'une équipe de projet et qui déterminent l'apprentissage groupal et la performance d'un projet. Il en résulte un corpus de connaissances utiles aux pédagogues ainsi que six hypothèses vérifiables que les chercheurs peuvent tester.

## Mots-clés

Apprentissage social, action située, objet-frontière, conception intégrée

## Abstract

University pedagogy and the world of work are both influenced by information technologies. In the field of design for sustainable construction, these technologies are used as boundary objects, which means as interfaces driving interactions and knowledge sharing required for multidisciplinary work. Based on social learning and situated action theories, and on convincing data coming from multiple domains such as project management, architecture, civil engineering, system engineering, and participatory design, this article presents a nomological network illustrating relationships between individual and collective phenomena in play within a project team, and which determine group learning and project performance. This results into a useful body of knowledge for teachers and six verifiable hypotheses that researchers can test.

## Keywords

Social learning, situated action, boundary object, integrated design

## **Le rôle des objets-frontières dans l'apprentissage et la performance d'équipes d'étudiants travaillant à des projets de conception de bâtiments**

La formation universitaire cherche à préparer adéquatement ses finissants au monde du travail. Or, les pratiques pédagogiques et le monde du travail sont en mouvance : chercheurs et praticiens remettent en question le cadre traditionnel des pratiques en ingénierie (Larsson, 2002; Löhnert, Dalkowski et Sutter, 2003) ainsi que le modèle d'acquisition de connaissances des sciences de la conception (Niiniluoto, 1993; Schön, 1987; Simon, 1996). L'industrie de la construction, poussée par l'accroissement de la complexité des projets, l'implication croissante de parties prenantes multiples, l'évolution rapide des technologies ainsi que la recherche constante d'innovation, exige l'abandon du modèle tayloriste de la production vers un modèle intégré préconisant la collaboration multidisciplinaire (Koskela, 2000) et l'apprentissage continu. Du point de vue de la formation universitaire, le modèle pédagogique traditionnel d'enseignement du génie, construit sur une épistémologie positiviste des pratiques de conception, ne répond pas à ces nouveaux besoins dont les assises sont les compétences réflexives (Schön, 1987). Plusieurs questions demeurent en suspens quant aux meilleures méthodes pédagogiques qui conviennent aux équipes de projet dont les membres représentent plusieurs disciplines et qui doivent interagir dans un environnement d'apprentissage fortement axé sur l'usage des technologies de l'information. Par exemple, comme le souligne Lawson (2006), la perception de la conception comme étant le résultat de l'acte créatif d'un seul individu, l'architecte, prend ses racines dans la formation en architecture et est profondément ancrée dans le corpus de connaissances et les outils traditionnels de la pratique. Le travail multidisciplinaire en collaboration avec les ingénieurs, urbanistes et autres intervenants par le biais des technologies favorisant la coproduction de la solution architecturale remet en cause les fondements mêmes des bases épistémologiques et

ontologiques de la formation dans ces disciplines. Dans ce contexte, les objets-frontières jouent un rôle crucial. Un objet-frontière est une technologie ou un artefact qui lie par deux fonctions complémentaires différents acteurs dont les connaissances et les pratiques diffèrent : l'objet-frontière est à la fois (a) un contenant de connaissances et (b) un mécanisme par lequel les pratiques se structurent (Koskinen et Mäkinen, 2009). Bien qu'un objet-frontière puisse être un artefact non technologique, nous privilégions l'angle technologique dans notre exposé, et ce, en adéquation avec la prolifération de ces solutions dans le monde de la conception de bâtiments.

L'objectif de cet article est de présenter un cadre théorique qui explique comment les objets-frontières déterminent les apprentissages groupaux et la performance de projet. Le cadre propose une réflexion pédagogique qui apporte un point de vue critique sur l'intégration de la technologie en pédagogie qui est soutenu par une argumentation ancrée dans la documentation scientifique à la jonction de multiples domaines, entre autres la gestion stratégique, la gestion de projet, l'architecture, l'ingénierie civile, les technologies de l'information, l'ingénierie des systèmes, la conception participative et l'efficacité des équipes de travail, incluant les aspects relatifs à l'apprentissage groupal. Le cadre théorique ouvre sur des hypothèses vérifiables utiles aux recherches futures et pouvant inspirer les pédagogues dans leurs pratiques. Quatre thèmes seront traités. Nous décrivons le contexte traditionnel dans lequel s'effectuent l'enseignement et l'apprentissage des fondements nécessaires à la conception de bâtiments; nous discuterons d'un nouveau lieu d'enseignement qui met l'accent sur la technologie collaborative et le travail d'équipe; nous ferons des distinctions importantes entre apprentissage individuel et groupal, et performance des projets; enfin, nous décrirons les composantes d'un cadre théorique.

### Contexte traditionnel de la formation et du processus de conception

Trois axes de questionnement retiennent l'attention lorsque l'on cherche à fournir un encadrement pédagogique propice à l'intégration à un monde du travail lui-même en constante évolution. D'abord, les connaissances spécialisées constituent à la fois une source et une barrière à la pensée créatrice et à l'innovation. Au sein des équipes multidisciplinaires, la pluralité des points de vue permet une capacité accrue d'utiliser des informations variées à bon escient (Salazar, 1997; Stewart, 2006), mais freine aussi la résolution de problèmes (Carlile, 2002). Il s'agit là d'une problématique sérieuse considérant que l'innovation se produit principalement à la frontière entre les disciplines (Leonard-Barton, 1995). Ces « barrières de connaissances » deviennent un enjeu majeur dans une organisation du travail axée sur des pratiques multidisciplinaires, mais aussi au sein d'équipes d'étudiants censés apprendre les rudiments de leur métier. Le second axe concerne les équipes d'étudiants et les distinctions qu'il faut apporter entre apprentissage individuel, apprentissage groupal et résultante des projets (Wilson, Goodman et Cronin, 2007). La tendance est de confondre les apprentissages avec la qualité de la résultante des projets, alors que plusieurs avantages résultent d'une démarcation nette (Druskat et Kayes, 2000). Le troisième axe concerne la technologie. À elle seule, la technologie ne mène pas à l'apprentissage, qu'il s'agisse de pédagogie universitaire ou d'apprentissage dans le monde du travail (Earley et Gibson, 2002; Kear, 2004; McPherson et Nunes, 2008). Il importe d'en encadrer l'introduction et l'usage afin de favoriser le partage des connaissances à l'intérieur d'une équipe. Une perspective socio-constructiviste (Vygotsky, 1978) qui favorise l'usage d'objets-frontières permet de réduire l'incidence des barrières de connaissances et accélère la transition vers des représentations mentales communes.

L'organisation du travail en construction, héritée de traditions séculaires, est structurée sous sa forme la plus primitive, celle de la guilde. Le travail est cadré à l'intérieur des limites des habiletés, connaissances, expérience et maîtrise qui résultent d'une spécialité (Hardy et Clegg, 1996). La structure du travail de conception est dépendante des ententes intervenant entre les corps professionnels quant au territoire de leur pratique.

On retrouve une formation séparée pour trois pratiques principales impliquées dans le processus de conception en construction : l'architecture, l'ingénierie et la gestion de projet. Le mode d'enseignement de l'architecture, inspiré de l'École des beaux-arts, a très peu évolué jusqu'à aujourd'hui. La perception que la conception est le résultat de l'acte créatif d'un seul individu est profondément ancrée dans l'enseignement de l'architecture et les objets en usage (Lawson, 2006). Le corps de la formation est donc centré sur l'apprentissage individuel de l'art de la conception. La formation s'articule dans une relation maître-apprenti autour d'ateliers dans lesquels les étudiants doivent concevoir un bâtiment et en réaliser des représentations graphiques qui seront évaluées par un comité d'experts (Kostof, 1986). L'apprentissage de l'expression architecturale se fait à l'intérieur des ateliers lors desquels l'étudiant acquiert la maîtrise des objets de représentation, c'est-à-dire l'esquisse et le dessin technique. Diverses formations périphériques touchant une introduction des divers aspects techniques de la science du bâtiment viennent s'ajouter au travail en ateliers.

La formation de l'ingénieur, à l'opposé de celle de l'architecte, est axée sur l'apprentissage d'une approche procédurale à la résolution de problèmes. En construction en particulier, elle touche à la maîtrise de la conception et de l'assemblage des composantes et systèmes par l'apprentissage individuel des lois, principes et méthodes de calcul associés à ces composantes et systèmes. Au dessin technique, s'ajoutent pour chacune de ces disciplines les différents outils informatiques qui automatisent les processus de dessin ou de calcul.

La gestion du projet, autrefois la responsabilité de l'architecte maître d'œuvre, est devenue dans les dernières années une pratique participative à laquelle tous les acteurs dans le domaine de la construction sont appelés à contribuer. La formation en gestion de projet a des fondements théoriques et empiriques flous, mais est principalement articulée autour de l'acquisition des pratiques et outils reconnus en industrie (Koskela et Howell, 2008). Ces pratiques sont basées sur le modèle de planification et contrôle des activités et ressources du projet. La formation se concentre autour de l'apprentissage individuel et la maîtrise de deux objets centraux, d'abord la structure de découpage du projet, à l'aide duquel le travail est divisé en lots, et ensuite la méthode de calcul du cheminement critique, qui sert à optimiser la séquence des activités liées à l'exécution de ces lots de travail (Project Management Institute [PMI], 2004). Ces objets sont encapsulés dans des logiciels qui simplifient ces tâches et les calculs qui en découlent et donc, la formation comprend aussi l'apprentissage de divers outils qui viennent supporter la gestion des activités de projet. À l'opposé des deux premières, la formation en gestion de projet n'est pas régie par un ordre professionnel.

Ces formations influencent grandement la manière d'organiser le travail une fois les étudiants sortis du milieu universitaire. Traditionnellement, le processus de conception se divise en deux : (a) le développement conceptuel du produit architectural dont les caractéristiques sont élaborées progressivement à l'aide d'objets de représentation (dessins et devis techniques) sous l'égide de l'architecte; (b) la planification et l'organisation du travail progressivement élaboré autour de deux objets centraux : la structure de découpage et la méthode de calcul du chemin critique. Ces objets agissent comme stabilisateurs dans les interactions entre ces diverses disciplines durant le processus de conception, car ils servent de passerelle pour l'échange d'information. Ces objets portent en eux un historique des façons de faire et sont des structures persistantes dépassant les cadres des activités de conception (Kaptelinin et Nardi, 2006).

Prenons comme exemple l'objet intermédiaire que constitue le dessin technique. Dans le contexte traditionnel de l'enseignement et de l'organisation du travail, les dessins techniques sont liés à l'organisation tayloriste des tâches (Deforge, 1986). Cet objet est attaché à une logique de validation qui n'est pas compatible avec la logique d'induction associée au travail itératif actuel (Vinck et Laureillard, 1995). En effet, traditionnellement, seul l'architecte a le pouvoir de faire évoluer la conception architecturale représentée dans les dessins techniques. Les ingénieurs n'ont qu'un droit de regard très limité sur certaines fenêtres de discussion établies par l'architecte durant lesquelles ils approuvent les choix de ce dernier. À l'opposé, la logique d'induction plus actuelle demande une appropriation commune de ces objets de représentation, une rétroaction bidirectionnelle et un travail de conception conjoint. On peut croire que les modèles pédagogiques du passé s'avèrent inappropriés pour préparer les futurs professionnels à ces nouveaux défis (Ratté et Caron, 2004). C'est ce que nous allons maintenant examiner en détail.

Actuellement, on observe que les professionnels de la conception résistent à la multidisciplinarité, éprouvent de la difficulté à sortir des cadres définis de leur discipline ou de leurs rôles traditionnels, adoptent des attitudes de pensée de groupe (Janis, 1982) et de compartimentation (Carlile, 2002). Ces spécialistes tendent aussi à confondre la performance technique avec le résultat attendu par l'utilisateur (Engeström, Engeström et Karkkainen, 1995). Autrement dit, les professionnels de la conception négligent l'identification et la rencontre des besoins des occupants du futur bâtiment en se concentrant plutôt sur ce qui est au cœur de leur formation, c'est-à-dire les aspects esthétiques et les considérations techniques (Kamara, Anumba et Evbuornwan, 2000, 2002).

### **Le collaboratoire, lieu d'apprentissage social et d'action située**

Selon la théorie de l'action située et de l'apprentissage social, l'apprentissage est considéré comme un phénomène social qui se déroule dans des contextes variés à l'intérieur de l'organisation du travail et des pratiques sociales (Edwards, 2005). Le contexte devient le domaine de l'apprentissage. Ainsi, selon ces deux théories, la connaissance est générée à travers les interactions entre l'individu et le collectif, et préconise l'usage d'objets ou artefacts pour supprimer les compétences obsolètes et développer de nouvelles habiletés et connaissances (Blackler, Crump et McDonald, 1999; Hatchuel, LeMassonetWeil, 2002).

Les auteurs associés au structuralisme, à la sémiotique, à la phénoménologie ou à l'herméneutique considèrent l'objet uniquement comme une enveloppe de signification qui acquiert une présence sociale par encodage linguistique et interprétation discursive (Engeström et Blackler, 2005). L'objet, dans la théorie de l'activité, joue un rôle essentiel dans les interactions entre participants d'une même activité. L'idée maîtresse est que les humains contrôlent leur comportement, non pas de l'intérieur, mais de l'extérieur en utilisant des objets comme intermédiaires (Vygotsky, 1978). Dans ce contexte, l'objet est porteur de sens et de motivation sur le plan des interactions entre les membres d'une équipe. La théorie de l'activité offre dès lors un potentiel théorique et empirique dans les études qui cherchent à comprendre le rôle et l'influence des objets dans les processus d'apprentissage et d'interaction à l'intérieur des équipes multidisciplinaires (Engeström, Virkkunen, Helle, Pihlaja et Poikela, 1996; Zager, 2002).

La théorie de l'action située propose l'usage d'objets pour faciliter le partage des connaissances entre individus appartenant à diverses communautés de pratique. Le partage et la production de connaissances entre ces frontières constituent un processus de formation de concepts collectifs en transportant des

idées, concepts et instruments de domaines à première vue sans relation avec le domaine de l'activité (Carlile, 2002). Selon Carlile (2004), ces frontières se situent à trois niveaux : syntactique (absence d'un vocabulaire commun), sémantique (absence d'une connaissance commune) et pragmatique (jeu de pratique et d'influence dans la production de nouvelles connaissances de la pratique). Les objets-frontières sont des moyens de représenter, de s'informer et de transformer des connaissances afin de résoudre des contradictions qui existent à une frontière donnée entre les pratiques (Star et Griesemer, 1989).

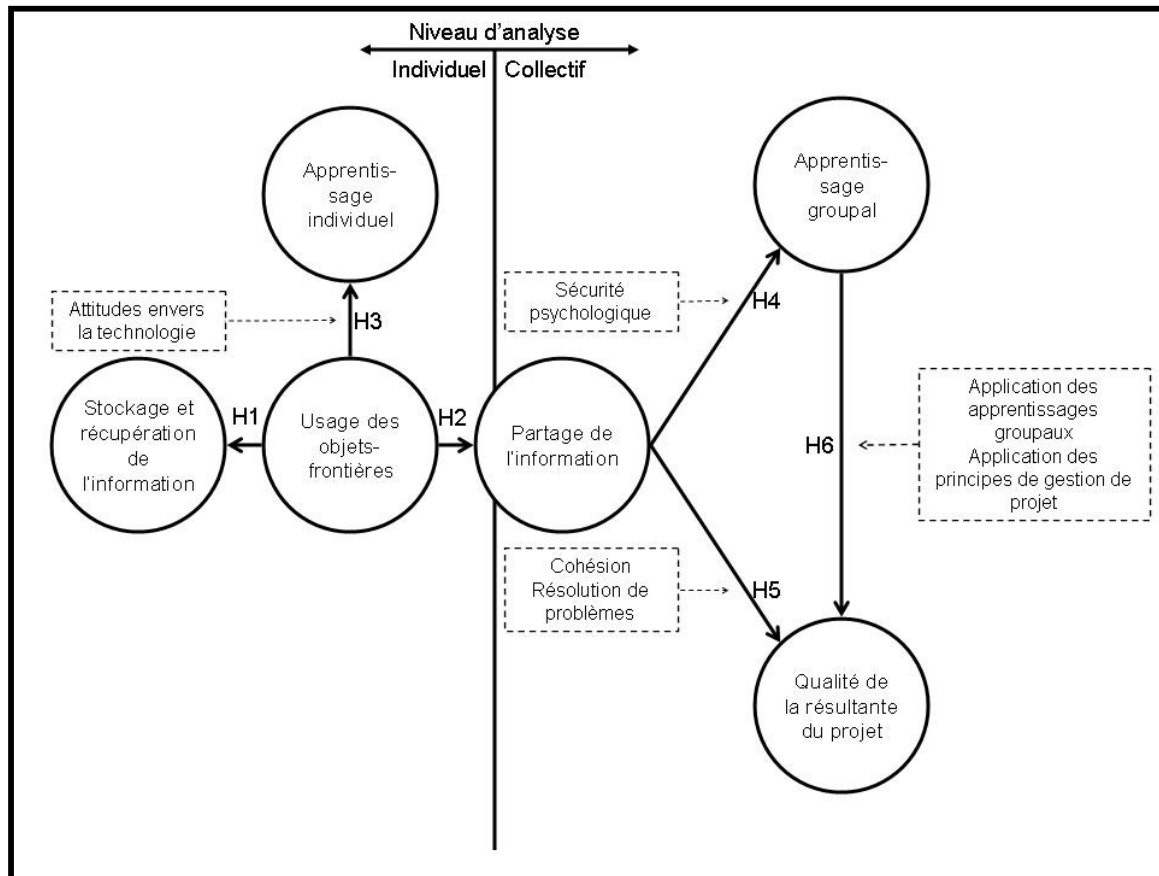
Ces théories débouchent sur la nécessité de fournir un lien, un cadre physique aux étudiants qui favorise les interactions et qui contrôle l'introduction d'objets-frontières : le *collaboratoire*. Le collaboratoire est un lieu de conception de bâtiments en contexte universitaire offrant, grâce aux technologies de l'information, un environnement d'apprentissage situé (Engeström *et al.*, 1996; Fruchter, 1999) axé sur le travail en équipe. Le collaboratoire est un environnement de recherche expérimental et empirique en science de la collaboration permettant de conduire des expériences afin d'évaluer et améliorer des systèmes (Rosenberg, 1991), de réguler des processus sociaux et d'utiliser des techniques de collaboration (Olson, Teasley, Bietz et Cogburn, 2002). Le collaboratoire implique l'immersion d'étudiants appartenant à des disciplines variées dans une situation réaliste d'un projet de construction. Ces derniers seront exposés à de nouveaux objets qui interviennent aux différents niveaux (syntactique, sémantique, pragmatique) pour faciliter le développement des connaissances réflexives.

Le collaboratoire est un lieu qui favorise la transition vers le monde professionnel puisque les étudiants sont encadrés par les contraintes naturelles d'un projet et du travail en équipe, contraintes que l'on retrouve tant dans le monde du travail qu'à l'université. En conséquence, les définitions en vigueur dans le monde du travail s'avèrent aussi pertinentes qu'utiles. Ainsi, une équipe de travail est un collectif d'individus aux rôles différenciés et aux tâches interdépendantes, qui ont des objec-

tifs communs et qui partagent des responsabilités envers les résultantes du travail, qui se considèrent et sont considérés par les autres comme étant une entité sociale, et qui gèrent leurs relations par delà les frontières organisationnelles ou disciplinaires (Cohen et Bailey, 1997; Hackman, 1987, 1990). Les équipes évoluent dans plusieurs contextes d'organisation du travail, dont celui axé sur les projets (Sundstrom, McIntyre, Halfhill et Richards, 2000). Un projet est défini par trois composantes : circonscription temporelle, unicité et élaboration progressive (PMI, 2004). Un projet est une entreprise temporaire, c'est-à-dire circonscrite dans le temps, visant la production d'une résultante unique, largement inconnue. La résultante, le processus ou les deux sont élaborés progressivement. L'élaboration progressive est la combinaison des caractéristiques temporelle et unique de la résultante du projet. Au début, les membres n'ont qu'une compréhension grossière de la résultante du projet mais, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, tant la résultante que le processus se précisent. Dans ce contexte fortement contraint par l'inconnu et l'incertitude (Lambert, 2006), le travail est planifié, exécuté et évalué de façon itérative, et progresse ainsi vers une intégration de plus en plus fine de tous les aspects de la résultante. Ces caractéristiques d'un projet accordent une place importante à l'apprentissage, tant dans le monde du travail (Sense, 2003) que dans le monde de l'éducation (Markham, Larmer et Ravitz, 2003). Toutefois, ces apprentissages ne sont pas que techniques, ils s'effectuent par le biais d'interactions intenses entre les membres de l'équipe de projet où la résolution de problèmes et les décisions doivent s'effectuer sans le luxe d'une vérification préalable de la qualité des solutions (Chiocchio et Lafrenière, sous presse; Koskinen et Mäkinen, 2009).

### **Apprentissage groupal et performance de l'équipe de projet : quelques nuances**

L'usage de la pédagogie par projet amène naturellement les pédagogues à considérer l'évaluation de la résultante d'un projet comme le reflet de l'apprentissage individuel ou groupal. Or, il s'agit d'une erreur (Druskat et Kayes, 2000). Si l'apprentissage individuel suppose l'acquisition de nouvelles connaissances ou comportements, l'apprentissage groupal se définit comme étant un changement dans le répertoire comportemental de l'équipe, au-delà de l'agrégation des changements individuels, et est déterminé par la capacité des membres de l'équipe à gérer le flux d'information (Wilson *et al.*, 2007) et leur processus de communication (Chiocchio, 2007; Salazar, 1997). La performance d'un projet se définit par l'efficacité du processus et par la qualité de la résultante du projet (Dinsmore et Cabanis-Brewin, 2006). Le processus est l'ensemble des décisions et actions qui font interagir les ressources limitées, qu'elles soient humaines, matérielles, financières ou temporelles, et la production de la résultante du projet. La qualité de la résultante se mesure par le degré avec lequel elle correspond aux attentes et aux standards de la profession. Il est possible qu'une résultante finale qui laisse à désirer ait quand même amené une équipe à bonifier substantiellement son répertoire de comportements. Un cadre théorique fondé sur l'action située et l'apprentissage social, en plus d'utiliser l'équipe de projet comme cadre sociotechnique, doit pouvoir distinguer l'objectif pédagogique (l'apprentissage) du véhicule qui le permet (le projet).



**Figure 1.** Réseau nomologique

### Réseau nomologique et hypothèses

La figure 1 présente un réseau nomologique qui illustre un ensemble cohérent de relations et d'hypothèses testables (Cronbach et Meehl, 1955). Selon Wilson *et al.* (2007), l'apprentissage groupal, et donc la capacité qu'ont les nouveaux comportements de se distribuer à tous les membres d'une équipe, dépend de l'interaction en parts égales entre le partage, le stockage et la récupération de l'information. Or, ils accordent la même importance au stockage, à la récupération et au partage de l'information et, enfin, ne proposent pas de mécanismes clairs qui expliquent comment les fonctions de stockage et de récupération s'effectuent de manière à permettre un partage optimal de l'information.

Notre modèle corrige ces manquements pratiques et théoriques par l'introduction d'objets-frontières comme variable explicative. D'abord, le partage de l'information est l'objectif ultime du stockage et de la récupération de l'information – autrement dit, le stockage et la récupération sont des fonctions inertes et ne s'activent que si l'information nécessite d'être partagée. À ce titre, le partage est plus important conceptuellement que le stockage et la récupération. Or, les objets-frontières sont par définition des entités avec lesquelles les individus interagissent pour y puiser de l'information ou en stocker (Koskinen et Mäkinen, 2009). C'est pour cette raison que nous formulons l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 1 :** L'usage des objets-frontières aura un impact positif sur le stockage et la récupération de l'information.

Les interactions entre les membres d'une équipe de projet sont caractérisées par la résolution de problèmes en contexte d'incertitude (Koskinen et Mäkinen, 2009) et s'accompagnent d'une communication accrue (Chiocchio, 2007; Chiocchio et Lafrenière, sous presse). Dans ce contexte, les objets-frontières servent d'interface entre les membres d'équipes multidisciplinaires (Koskinen et Mäkinen, 2009). Par exemple, les nouveaux outils de simulation en construction durable permettent aux ingénieurs de comparer la performance énergétique de différentes options. Leur interface hautement graphique offre l'avantage de permettre à des membres de disciplines diverses, comme les architectes, les ingénieurs en structure, mécanique, électricité ou génie civil, et autres spécialistes en efficacité énergétique d'y injecter leur contribution et à des non-experts du côté du client, tels les décideurs, les futurs usagers, les opérateurs du bâtiment ou les gestionnaires d'immeubles, de visualiser et d'évaluer la valeur des options sur le plan énergétique, favorisant la collaboration interdisciplinaire. Puisque les membres d'une équipe de projet issus de différentes disciplines stockent (en apportant des changements itératifs et en ajoutant des annotations informatisées) et puisent de l'information par le biais du même objet-frontière, il s'ensuit que les objets-frontières sont de nature à favoriser le franchissement des frontières en suscitant le partage de l'information. Cela nous amène naturellement à formuler l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 2 :** L'usage des objets-frontières aura un impact positif sur le partage de l'information.

Étant donné que l'apprentissage groupal se définit par la distribution de nouveaux comportements auprès des membres d'une équipe (Wilson *et al.*, 2007), une des conditions préalables est qu'il y ait eu apprentissage individuel.

Carlile (2004) a conduit une étude empirique sur le rôle d'un objet-frontière, une maquette en argile, comme médiateur pour faciliter l'acquisition de connaissances (internalisation) menant à la génération de nouvelles connaissances partagées à l'intérieur du groupe. Les stylistes et les ingénieurs étaient confrontés à un problème technique, à priori insoluble, soit celui d'intégrer un nouveau groupe propulseur plus puissant et volumineux sans compromettre le style du véhicule. La maquette a facilité la compréhension des contraintes inter-spécialités stimulant l'apprentissage individuel par transfert de connaissances d'une discipline à l'autre. Puis, à partir de ce lexique partagé, le groupe a généré de nouvelles connaissances menant à une solution innovatrice. Or, certains obstacles limitent ces apprentissages. En effet, dans le domaine de la construction, les objets-frontières sont en grande partie des technologies de l'information et plusieurs travaux permettent de conclure que les comportements et attitudes des usagers limitent l'usage de la technologie. Par exemple, des études soulignent l'incidence d'attitudes négatives et de l'anxiété envers la technologie comme facteurs explicatifs (Czaja *et al.*, 2006; Kernan et Howard, 1990). D'ailleurs, après les problèmes de gestion de l'implantation des technologies, c'est la participation des usagers qui est le problème le plus fréquent, notamment du point de vue de la résistance à l'implantation et du non-usage des technologies implantées (Rizzuto et Reeves, 2007). Plus précisément, des études de cas d'un processus de conception intégré en construction durable (Forgues, 2008) ont fait ressortir la résistance des professionnels de la conception à l'adoption de nouvelles technologies (p. ex., les outils de simulation) ou au changement de leurs façons de faire (p. ex., utiliser ces outils pour favoriser les échanges à l'intérieur de l'équipe). Ces technologies remettent en question leurs pratiques et surtout leur pouvoir d'influence comme leaders de la conception. Conséquemment, nous formulons l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 3 :** L'usage des objets-frontières aura un impact positif sur l'apprentissage individuel dans la mesure où les individus ont une attitude positive envers la technologie.

Avant de poursuivre avec l'articulation des éléments du réseau nomologique, il importe de décrire certains indicateurs qui permettraient d'en mesurer les composantes individuelles. Qu'il s'agisse d'un besoin de recherche ou d'un besoin pratique, la mesure de l'usage des objets-frontières mérite d'être capturée de manière non invasive en spécifiant de façon automatisée « qui » utilise, stocke ou récupère « quelle information », à « quel moment », et « avec qui » il la partage. Quant à la mesure des apprentissages individuels, un rapport autorévélateur cyclique demandant à l'étudiant de répondre à la question « Qu'avez-vous appris au cours de l'étape qui vient de s'achever? » permettrait de savoir « qui » a appris « quoi », de dégager des thématiques et d'en connaître les fréquences, et de tirer des bénéfices pertinents tant pour la recherche que pour la pratique immédiate. Pour des raisons qui seront expliquées plus loin, chaque élément pourrait aussi être coté selon une échelle de Likert allant de 0 = cet apprentissage n'a pas contribué à la qualité du projet à 5 = cet apprentissage a contribué fortement à la qualité du projet. Enfin, un certain nombre de questionnaires mesurent de manière fiable et valide diverses attitudes et nous proposons cette approche pour évaluer l'incidence des attitudes envers la technologie (voir p. ex. Jay et Willis, 1992).

Il convient maintenant de décrire les composantes collectives du réseau nomologique. Nous estimons que la relation entre le partage de l'information et l'apprentissage groupal est axiomatique : pour que des comportements se distribuent au sein d'une équipe, il faut au préalable un partage d'information, de connaissances ou de pratiques (Wilson *et al.*, 2007). Or, il y a d'autres conditions : le climat de sécurité psychologique. Les projets sont des entreprises où règne l'incertitude et où la prise de décision est aussi cruciale que risquée (Chiocchio et Lafrenière, sous presse). Dans ce contexte, la

sécurité psychologique est un construit collectif qui se fonde sur les craintes qu'ont les membres d'une équipe des réactions éventuelles de leurs coéquipiers à la suite de comportements susceptibles de souligner leur ignorance, leur incompétence ou leurs erreurs (Edmondson, 2003). Un climat sécuritaire sur le plan psychologique met l'accent sur la productivité et la résolution de problèmes puisque les individus évitent les attitudes d'autoprotection. Dans une étude portant sur l'implantation d'un objet-frontière (une technologie médicale en bloc opératoire), Edmondson et ses collègues ont constaté que les équipes dans lesquelles les membres de différentes disciplines se sentaient en sécurité sur le plan psychologique ont pu apprendre en outrepassant les contraintes hiérarchiques habituelles – un élément associé aux pratiques dans le domaine médical – et en faisant meilleur usage de la technologie grâce à une communication et à une rétroaction accrues (Edmondson, 2003). Cette auteure conclut que les équipes qui apprennent se sentent suffisamment en sécurité sur le plan psychologique pour s'engager dans des boucles itératives d'action, de réflexion et de rétroaction (Edmondson, 2003) souvent à la mi-vie des projets (Chiocchio et Lafrenière, sous presse; Gersick, 1988). Dans le domaine de la construction, ces concepts ont une résonance particulière là où des barrières pragmatiques doivent être brisées dans les pratiques des professionnels de la conception. Par exemple, l'architecte doit accepter de partager son processus de création avec les autres experts et faire évoluer son rôle d'idéateur à médiateur (Lawson, 2006). De même, l'ingénieur, expert dans l'usage de l'outil de simulation, doit accepter de démocratiser l'usage de cet outil et ensuite permettre à l'équipe de projet de se l'approprier. C'est pour cette raison que nous formulons l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 4 :** Le partage de l'information qui résulte de l'usage des objets-frontières aura un impact positif sur l'apprentissage groupal dans la mesure où les membres de l'équipe favorisent un climat sécuritaire sur le plan psychologique.

Bien que géré de manière technique, le domaine de la gestion de projet accorde une importance de plus en plus grande à la gestion des personnes (Belout, 1997), étant donné l'importance que prennent les processus groupaux dans le travail d'équipe (Lepine, Piccolo, Jackson, Mathieu et Saul, 2008). La cohésion est un de ces processus. La cohésion sociale réfère à l'attraction interpersonnelle au sein d'un groupe (Evans et Jarvis, 1980), aux liens émotionnels d'amitié et de proximité qui unissent les personnes (MacCoun, 1996). La cohésion envers la tâche correspond à l'engagement partagé envers l'objectif du travail (Hackman, 1976) ainsi qu'à la motivation à coordonner les efforts des membres de l'équipe dans l'atteinte de cet objectif (MacCoun, 1996). Plusieurs reconnaissent depuis longtemps l'existence d'un lien modéré entre la cohésion et la performance (Beal, Cohen, Burke et McLendon, 2003; Mullen et Copper, 1994). Or, des méta-analyses récentes précisent que la relation cohésion-performance est en fait très élevée pour les équipes de projet, qu'il s'agisse d'équipes d'étudiants évoluant dans le milieu universitaire ou de professionnels du monde du travail (Chiocchio et Essiembre, 2007; Chiocchio et Essiembre, sous presse).

Les objets-frontières permettent la réflexion et font émerger les problèmes dont la résolution mène à la qualité de la résultante du projet. Par exemple, l'analyse de la valeur aide à développer une compréhension commune du projet et accélère l'apprentissage par les futurs utilisateurs des concepts liés à la définition d'un projet architectural (Green, 1996). Elle permet à ces derniers de cerner leurs exigences et de comprendre les conséquences au chapitre du coût et des bénéfices. Les outils de simulation et l'analyse du coût global simplifient le processus décisionnel en facilitant à l'équipe la comparaison des options tant sur le plan technique que sur celui des coûts. Or, si les objets-frontières font émerger les problèmes, il faut que les équipes les résolvent efficacement avant que l'effet de l'usage des objets-frontières affecte positivement la qualité de la résultante du projet. Plusieurs études accordent une place centrale à la question de la résolution de

problèmes dans les projets. Dans le monde universitaire, par exemple, les équipes performantes d'étudiants discutent et résolvent les problèmes à des moments différents du projet comparativement aux équipes moins performantes (Chiocchio, 2007). Des études montrent aussi un lien modéré et positif entre la résolution proactive des problèmes et la performance du projet (Druskat et Kayes, 2000) alors que d'autres précisent que l'engagement envers la résolution des problèmes de tâches est un mécanisme fondamental qui doit suivre la découverte des problèmes (Chiocchio et Lafrenière, sous presse). Compte tenu de la place qu'occupent la cohésion et la résolution de problèmes dans la réussite des projets, nous formulons l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 5 :** Le partage de l'information qui résulte de l'usage des objets-frontières aura un impact positif sur la qualité de la résultante du projet dans la mesure où l'équipe (a) démontre de la cohésion et (b) résout les problèmes inhérents au projet.

Dans le monde universitaire, la pédagogie par projet vise l'acquisition de connaissances propres au domaine de contenu : les principes mécaniques d'une pompe à eau (Keller, 1986), les théories servant à élaborer des questionnaires fiables (Chiocchio, 2007) et l'acquisition de compétences réflexives touchant le volet artistique de la conception architecturale (Schön, 1987). Les projets sont aussi l'occasion de favoriser le travail collaboratif et les compétences transversales (Dunn, McCarthy, Baker, Halonen et Hill, 2007; Ratté et Caron, 2004).

Bien que l'engouement envers les projets amène plusieurs à conclure que l'acquisition des connaissances se reflétera dans la qualité de la résultante du projet, des distinctions importantes existent entre l'acquisition des connaissances individuelles, l'apprentissage groupal et l'effet que ces éléments peuvent avoir sur la résultante d'un projet. Par exemple, il est possible d'apprendre tant individuellement que sur le plan groupal sans affecter la qualité du projet (Wilson *et al.*, 2007).

Bien que certains principes de gestion s'appliquent à plusieurs formes d'organisation du travail (p. ex., méthodes de contrôle des coûts), la gestion de projet met l'accent sur des mécanismes propres à la prise de décision et à l'exécution du travail dans un contexte d'incertitude. Les projets qui bénéficient des techniques de gestion propres à la gestion de projet dans leur domaine ont plus de succès que ceux qui utilisent des méthodes et principes génériques (Besner et Hobbs, 2008). Par exemple, le fait de systématiser des processus propres à la gestion de projet, comme l'évaluation des incidences des changements introduits tard dans le projet, contribue au succès des projets (Lynn et Reilly, 2000). Les organisations doivent adapter leur gestion des connaissances et leur processus de communication aux défis de la gestion de projet (Koskinen, 2004).

Plusieurs recherches montrent que les technologies de l'information contribuent à la qualité de la planification et à l'exécution des projets (Besner et Hobbs, 2006). Dans les projets de conception de bâtiments, des objets-frontières, comme les logiciels qui permettent l'analyse du coût global ou l'analyse de la valeur, contribuent à réguler les pratiques et les processus décisionnels qui facilitent l'atteinte des objectifs du projet. L'analyse du coût global est une méthode d'analyse économique qui calcule la somme de tous les coûts pertinents d'un projet durant une période d'étude, à leur valeur actuelle. L'analyse de la valeur est une méthode de compétitivité, organisée et créative, visant la satisfaction de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception, à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire (Association française de normalisation, 1990). Ces objets-frontières contribuent ainsi directement à hausser la qualité de la résultante du projet. Conséquemment, nous formulons l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 6 :** L'apprentissage groupal aura un impact positif sur la qualité de la résultante du projet dans la mesure où l'équipe applique (a) les apprentissages groupaux et (b) les principes de gestion de projet.

Avant de conclure, décrivons les indicateurs utiles pour mesurer les composantes collectives du réseau nomologique. L'apprentissage groupal (c.-à-d. au sein d'une équipe de projet) pourra se vérifier par une analyse groupale des rapports d'apprentissage individuels. Une telle procédure proposerait deux indices complémentaires. D'abord, le nombre d'éléments appris qui sont communs à tous les membres à un temps donné permettra de faire état d'un type de transfert (c.-à-d. inter-individus-intra-temps). Ensuite, le nombre d'éléments appris qui migrent d'un individu au temps 1 à un autre au temps 2 est également un indice du transfert des connaissances (c.-à-d. inter-individus-inter-temps). Quant à l'application des apprentissages groupaux, la moyenne des cotes attribuées à chaque élément d'apprentissage (avec l'échelle décrite précédemment) selon qu'ils sont inter-individus-intra-temps ou inter-individus-inter-temps donnera deux indices pertinents. Au sujet de l'application des principes de gestion de projet, un compendium des compétences en gestion de projet est déjà balié (PMI, 2002). De plus, une approche par questionnaire basée sur ce qui constitue une gestion optimale des contraintes habituelles de la gestion d'un projet (p. ex., le contrôle des coûts, le contrôle du temps et le contrôle de la qualité) sera utile (Pinto et Trailer, 1999). La sécurité psychologique et la cohésion sont des construits ayant fait l'objet de nombreuses recherches empiriques. Sur le plan de la sécurité psychologique, le questionnaire d'Edmondson (1999) est une bonne mesure. En ce qui concerne la cohésion, ce construit se mesure adéquatement par questionnaire grâce aux travaux de Villeneuve (1997). La résolution de problèmes et l'efficacité des processus décisionnels en groupe peuvent s'évaluer grâce à l'instrument de Gouran, Brown et Henry (1978). Les pratiques pédagogiques actuelles en architecture se concentrent sur une évaluation subjective de la qualité esthétique des rendus. Or, pour tenir compte de la qualité de la résultante du projet, il faut se référer aux pratiques émergentes en Grande-Bretagne de mesure de l'appréciation de la valeur de la proposition architecturale par le client et les usagers. Deux grilles d'évaluation sont particulièrement pertinentes : le

« Design Quality Index » (<http://www.dqi.org.uk/website/building/default.aspx>) et le « Achieving Excellence Design Evaluation Toolkit » (Department of Health, 2008), dont les scores permettent de mesurer la capacité de la solution proposée à rencontrer une série de critères pondérés par les usagers.

## Conclusion

L'objectif de cet article était de présenter un cadre théorique qui explique comment les objets-frontières déterminent les apprentissages groupaux et la performance de projet. Le cadre est rendu nécessaire par deux ensembles de facteurs. Premièrement, beaucoup de programmes d'enseignement migrent vers l'obligation d'inclure du travail collaboratif dans leurs enseignements, de l'évaluer et de fournir de la rétroaction aux étudiants à ce sujet puisqu'il y a une reconnaissance que la seule acquisition des connaissances est maintenant insuffisante pour faire face aux réalités actuelles du travail (Dunn *et al.*, 2007; Ratté et Caron, 2004; Springer, Stanne et Donovan, 1999). L'accent sur le travail collaboratif suppose, d'une part, qu'il vaut mieux comprendre les déterminants de la performance des équipes dans le monde du travail afin d'émuler, au moment de la formation, les conditions futures où se retrouveront les étudiants; d'autre part, cela suppose qu'il faut connaître les déterminants de la performance des équipes d'étudiants en contexte académique puisque celles-ci ont leurs particularités (Chiocchio et Essiembre, sous presse). Globalement, les équipes doivent accroître leur capacité à développer une compréhension commune des problèmes (Druskat et Pescosolido, 2002; Weick et Roberts, 1993), apprendre de nouveaux rôles et habiletés dans un contexte multidisciplinaire (Blackler, Crump et McDonald, 2000) et apprendre à s'auto-gérer en tant qu'équipe, ainsi qu'à acquérir, échanger et générer de nouvelles connaissances (Druskat et Pescosolido, 2002). Deuxièmement, la réalité actuelle est très fortement influencée par la technologie et, à ce titre, l'introduction de nouvelles technologies dans les méthodes pédagogiques représente une double occasion. D'abord, les étudiants sont formés à utiliser les technologies les plus récentes,

ce qui constitue un avantage au moment de l'intégration dans le marché du travail. Mais plus important encore, ces technologies ont le potentiel de changer l'organisation du travail, tant du point de vue des tâches à effectuer que sur le plan des interactions entre les membres de l'équipe. Il devient donc fondamental de comprendre et de contrôler les mécanismes qui permettent à ces technologies de développer des apprentissages groupaux.

Le réseau nomologique présenté dans cet article constitue une contribution importante au carrefour de ces défis et se distingue de quatre manières. D'abord, il sépare les processus individuels des processus collectifs en les distinguant selon le niveau d'analyse, mais en les liant du point de vue phénoménologique. Ainsi, bien que plusieurs reconnaissent l'importance de ces distinctions du point de vue analytique, méthodologique ou statistique (Morgeson et Hofmann, 1999), il n'en demeure pas moins que les processus individuels ne peuvent être soustraits des processus collectifs du point de vue phénoménologique et il convient d'en exprimer les liens explicatifs. À cet effet, nous estimons que c'est lorsque l'information détenue individuellement commence à être partagée que les processus individuels se métamorphosent en processus collectifs. Le second élément distinctif ajoute à la perspective de Wilson *et al.* (2007) en insérant l'usage des objets-frontières comme déterminant du stockage et de la récupération, d'une part, et du partage de l'information, d'autre part. L'autre élément unique du modèle est qu'il distingue l'apprentissage individuel de l'apprentissage groupal par le truchement de l'usage des objets-frontières et du partage de l'information. Enfin, le quatrième élément distingue l'apprentissage groupal de la qualité de la résultante du projet afin d'éviter la confusion qui résulte de l'évaluation du projet comme indicateur de l'apprentissage (Druskat et Kayes, 2000). Globalement, le modèle propose des pistes d'action susceptibles de stimuler les pratiques pédagogiques en plus de fournir un ensemble d'hypothèses cohérentes dont la vérification amènera un avancement des connaissances en pédagogie universitaire.

## Références

- Association française de normalisation. (1990). *Vocabulaire de l'analyse de la valeur et de l'analyse fonctionnelle*. Paris : La Défense.
- Beal, D. J., Cohen, R. R., Burke, M. J. et McLendon, C. L. (2003). Cohesion and performance in groups: A meta-analytic clarification of construct relations. *Journal of Applied Psychology*, 88, 989-1004.
- Belout, A. (1997). Effects of human resource management on project effectiveness and success: Toward a new conceptual framework. *International Journal of Project Management*, 16, 21-26.
- Besner, C. et Hobbs, B. (2006). The perceived value and potential contribution of project management practices to project success. *Project Management Journal*, 37, 37-48.
- Besner, C. et Hobbs, B. (2008). Project management practice, generic or contextual: A reality check. *Project Management Journal*, 39, 16-33.
- Blackler, F., Crump, N. et McDonald, S. (1999). Managing experts and competing through innovation: An activity theoretical analysis. *Organization*, 6, 5-31.
- Blackler, F., Crump, N. et McDonald, S. (2000). Organizing processes in complex activity networks. *Organization*, 7, 277-300.
- Carlile, P. R. (2002). A pragmatic view of knowledge and boundaries: Boundary objects in new product development. *Organization Science*, 13, 442-455.
- Carlile, P. R. (2004). Transferring, translating, and transforming: An integrative framework for managing knowledge across boundaries. *Organization Science*, 15, 555-568.
- Chiocchio, F. (2007). Project team performance: A study of electronic task and coordination communication. *Project Management Journal*, 38, 97-109.
- Chiocchio, F. et Essiembre, H. (2007, avril). *Does cohesion correlate with performance in project teams? An exploratory meta-analysis*. Affiche scientifique présentée à la 22<sup>nd</sup> Annual Conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology, New York.
- Chiocchio, F. et Essiembre, H. (sous presse). Cohesion and performance: A Meta-analytic review of disparities between project teams, production teams, and service teams. *Small Group Research*.
- Chiocchio, F. et Lafrenière, A. (sous presse). A project management perspective on student's declarative commitments to goals established within asynchronous communication. *Journal of Computer Assisted Learning*.
- Cohen, S. G. et Bailey, D. E. (1997). What makes teams work: Group effectiveness research from the shop floor to the executive suite. *Journal of Management*, 23, 239-290.
- Cronbach, L. J. et Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, 52, 281-302.
- Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A. et al. (2006). Factors predicting the use of technology: Findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and Aging*, 21, 333-352.
- Deforge, Y. (1986). *Technologie et génétique de l'objet industriel*. Paris: Maloine.
- Department of Health. (2008, janvier). *Achieving excellence design evaluation toolkit*. Récupéré le 30 mars 2009 du site du Department of Health du Royaume-Uni, section *Publications and statistics* – *Publications* : [http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH\\_082089](http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_082089)
- Dinsmore, P. C. et Cabanis-Brewin, J. (2006). *The AMA handbook of project management*. New York : AMACOM.
- Druskat, V. U. et Kayes, D. C. (2000). Learning versus performance in short-term project teams. *Small Group Research*, 31, 328-353.
- Druskat, V. U. et Pescosolido, A. (2002). The content of effective teamwork mental models in self-managing teams: Ownership, learning and heedful interrelating. *Human Relations*, 55, 283-314.
- Dunn, D. S., McCarthy, M. A., Baker, S., Halonen, J. S. et Hill, G. W., IV. (2007). Quality benchmarks in undergraduate psychology programs. *American Psychologist*, 62, 650-670.

- Earley, P. C. et Gibson, C. B. (2002). *Multinational work teams*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44, 350-385.
- Edmondson, A. C. (2003). Managing the risk of learning. Dans M. A. West, D. Tjosvold et K. G. Smith (dir.), *International handbook of organizational teamwork and cooperative working* (p. 255-275). West Sussex, Royaume-Uni : Wiley.
- Edwards, R. (2005, février). *Learning in context – within and across domains*. Communication présentée au Economic & Social Research Council [ESRC] Teaching and Learning Research Thematic Seminar Series, Seminar 1: Contexts, Communities, Networks: Mobilising Learners' Resources and Relationships in Different Domains, Glasgow, Royaume-Uni.
- Engeström, Y. et Blackler, F. H. M. (2005). On the life of the object. *Organization*, 12, 307-330.
- Engeström, Y., Engeström, R. et Karkkainen, T. (1995). Polycontextuality and boundary crossing in expert cognition: Learning and problem solving in complex work activities. *Learning and Instruction*, 5, 319-336.
- Engeström, Y., Virkkunen, J., Helle, M., Pihlaja, J. et Poikela, R. (1996). Change laboratory as a tool for transforming work. *Lifelong Learning in Europe*, 1, 10-17.
- Evans, C. R. et Jarvis, P. A. (1980). Group cohesion: A review and re-evaluation. *Small Group Behavior*, 11, 359-370.
- Forgues, D. (2008). *Using boundary objects to generate better value in the construction industry*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Salford, Royaume-Uni.
- Fruchter, R. (1999). A/E/C teamwork: A collaborative design and learning space. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 13, 261-269.
- Gersick, C. J. (1988). Time and transition in work teams: Towards a new model of group development. *Academy of Management Journal*, 31, 9-41.
- Gouran, D. C., Brown, D. et Henry, C. (1978). Behavioral correlates of perception of quality in decision making discussions. *Communication Monographs*, 45, 51-63.
- Green, S. D. (1996). *Smart value management: A group decision support methodology for building design*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Reading, Royaume-Uni.
- Hackman, R. J. (1976). Group influence on individuals. Dans M. D. Dunnette (dir.), *Handbook of industrial and organizational psychology* (p. 1455-1525). Chicago : Rand-McNally.
- Hackman, R. J. (1987). The design of work teams. Dans J. W. Lorsch (dir.), *Handbook of organizational behavior* (p. 315-342). Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- Hackman, R. J. (1990). *Groups that work (and those that don't): Creating conditions for effective teamwork*. San Francisco : Jossey-Bass.
- Hardy, C. et Clegg, S. R. (1996). Some dare call it power. Dans C. Hardy et S. R. Clegg (dir.), *Handbook of organization studies* (p. 622-641). Londres : Sage.
- Hatchuel, A., Le Masson, P. et Weil, B. (2002). De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception. *Revue internationale des sciences sociales*, 171, 29-42.
- Janis, I. L. (1982). *Groupthink*. Boston, MA : Houghton-Mifflin.
- Jay, G. M. et Willis, S. L. (1992). Influence of direct computer experience on older adults' attitudes towards computers. *Journal of Gerontology*, 47, 250-257.
- Kamara, J. M., Anumba, C. J. et Evbuomwan, N. F. O. (2000). Establishing and processing client requirements – A key aspect of concurrent engineering in construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 7, 15-28.
- Kamara, J. M., Anumba, C. J. et Evbuomwan, N. F. O. (2002). *Capturing client requirements in construction projects*. Cornwall, Royaume-Uni : Thomas Telford.
- Kaptelinin, V. et Nardi, B. A. (2006). *Acting with technology: Activity theory and interaction design*. Boston : MIT Press.
- Kear, K. (2004). Peer learning using asynchronous discussion systems in distance education. *Open Learning*, 19, 151-164.

- Keller, R. T. (1986). Predictors of the performance of project groups in R&D organizations. *Academy of Management Journal*, 29, 715-726.
- Kernan, M. C. et Howard, G. S. (1990). Computer anxiety and computer attitudes: An investigation of construct and predictive validity issues. *Educational and Psychological Measurement*, 50, 681-690.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction* (VTT Publications 408). Espoo, Finlande : Technical Research Center of Finland.
- Koskela, L. et Howell, G. (2008). The underlying theory of project management is obsolete. *IEEE Engineering Management Review*, 36, 22-34.
- Koskinen, K. U. (2004). Knowledge management to improve project communication and implementation. *Project Management Journal*, 35, 13-19.
- Koskinen, K. U. et Mäkinen, S. (2009). Role of boundary objects in negotiations of project contracts. *International Journal of Project Management*, 27, 31-38.
- Kostof, S. (1986). *The architect*. New York : Oxford University Press.
- Lambert, L. R. (2006). R&D project management: Adapting to technological risk and uncertainty. Dans P. C. Dinsmore et J. Cabanis-Brewin (dir.), *The AMA handbook of project management* (p. 458-468). New York : AMACOM.
- Larsson, N. (2002). *The integrated design process. Report on a national workshop*. Ottawa, Canada : Natural Resources Canada.
- Lawson, B. (2006). *How designers think: The design process demystified*. Oxford, Royaume-Uni : Architectural Press.
- Leonard-Barton, D. (1995). *Wellsprings of knowledge: Building and sustaining the sources of innovation*. Watertown, MA : Harvard Business School Press.
- Lepine, J. A., Piccolo, R. F., Jackson, C. L., Mathieu, J. E. et Saul, J. R. (2008). A meta-analysis of teamwork processes: Tests of a multidimensional model and relationships with team effectiveness criteria. *Personnel Psychology*, 61, 273-307.
- Löhnert, G., Dalkowski, A. et Sutter, W. (2003). *Integrated design process: A guideline for sustainable and solar-optimised building design* (version 1.1). Berlin, Allemagne / Zug, Suisse : International Energy Agency.
- Lynn, G. S. et Reilly, R. R. (2000). Measuring team performance. *Research Technology Management*, 43, 48-56.
- MacCoun, R. J. (1996). Sexual orientation and military cohesion: A critical review of the evidence. Dans G. Herek, J. Jobe et R. E. Carney (dir.), *Out in Force – Sexual orientation and the military* (p. 157-176). Chicago : University of Chicago Press.
- Markham, T., Larmer, J. et Ravitz, J. (2003). *Handbook of project based learning* (2<sup>e</sup> éd.). Novato, CA : Buck Institute for Education.
- McPherson, M. A. et Nunes, J. B. (2008). Critical issues for e-learning delivery: What may seem obvious is not always put into practice. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24, 1-13.
- Morgeson, F. P. et Hofmann, D. A. (1999). The structure and function of collective constructs: Implications for multilevel research and theory development. *Academy of Management Review*, 24, 249-265.
- Mullen, B. et Copper, C. (1994). The relation between group cohesiveness and performance: An integration. *Psychological Bulletin*, 115, 210-227.
- Niiniluoto, I. (1993). The aim and structure of applied research. *Erkenntnis*, 38, 1-21.
- Olson, G. M., Teasley, S., Bietz, M. J. et Cogburn, D. L. (2002). Collaboratories to support distributed science: The example of international HIV/AIDS research. *ACM International Conference Series*, 30, 44-51.
- Pinto, J. K. et Trailer, J. W. (1999). *Essentials of project control*. Newtown Square, PA : Project Management Institute.
- Project Management Institute [PMI]. (2002). *Project manager competency development framework*. Newtown Square, PA : auteur.
- Project Management Institute [PMI]. (2004). *A guide to the project management body of knowledge* (3<sup>e</sup> éd.). Newtown Square, PA : auteur.

- Ratté, S. et Caron, J. (2004). Le Web pour enseigner par projets et favoriser la collaboration. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 1(2), 27-34.
- Rizzuto, T. E. et Reeves, J. (2007). A multidisciplinary meta-analysis of human barriers to technology implementation. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 59, 226-240.
- Rosenberg, L. C. (1991). Update on National Science Foundation funding of the "Collaboratory." *Communications of the ACM*, 34, 83.
- Salazar, A. J. (1997). Communication effects on small group decision-making: Homogeneity and task as moderators of the communication-performance relationship. *Western Journal of Communication*, 61, 35-65.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco : Jossey-Bass.
- Sense, A. J. (2003). Learning generators: Project teams re-conceptualized. *Project Management Journal*, 34, 4-12.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3<sup>e</sup> éd.). Cambridge, MA : MIT Press.
- Springer, L., Stanne, M. E. et Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69, 21-51.
- Star, S. L. et Griesemer, J. R. (1989). Institutional ecology, translations and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology, 1907-1939. *Social Studies of Science*, 19, 387-420.
- Stewart, G. L. (2006). A meta-analytic review of relationships between team design features and team performance. *Journal of Management*, 32, 29-54.
- Sundstrom, E., McIntyre, M., Halfhill, T. et Richards, H. (2000). Work groups: From the Hawthorne studies to work teams of the 1990s and beyond. *Group Dynamics*, 4, 44-67.
- Villeneuve, M. (1997). *Vérification de la relation entre les différentes dimensions de la cohésion et la performance des équipes de travail*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Montréal, Canada.
- Vinck, D. et Laureillard, P. (1995, décembre). *Coordination par les objets dans les processus de conception*. Communication présentée aux Journées CSI [Centre de Sociologie de l'Innovation] : Représenter, Attribuer, Coordonner, Paris, France.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Weick, K. E. et Roberts, K. H. (1993). Collective mind in organizations: Heedful interrelating on flight decks. *Administrative Science Quarterly*, 38, 357-381.
- Wilson, J. M., Goodman, P. S. et Cronin, M. A. (2007). Group learning. *Academy of Management Review*, 32, 1041-1059.
- Zager, D. (2002). Collaboration as an activity. Coordinating with pseudo-collective objects. *Computer Supported Cooperative Work*, 11, 181-204.

#### Note des auteurs

Les auteurs aimeraient remercier les réviseurs anonymes et Hugues Rivard pour leurs commentaires lors de la préparation de cet article.