

Apprendre par l'expérience :

Le modèle pédagogique d'apprentissage expérientielle au service de la formation à l'innovation en lien avec la question du REEMPLOI DES MATERIAUX dans la conception architecturale.

Les étudiants, au fur et à mesure de leur cursus en architecture et spécifiquement durant leurs deux années de master, se posent des questions sur la manière dont leur formation en conception architecturale les a préparés à répondre aux enjeux et défis actuel de notre société, notamment en termes d'utilisation et de gestion durable des ressources ? Seront-ils impactés dans leur processus créatif des systèmes et dispositifs constructifs par la raréfaction des ressources. Sont-ils préparés à une gestion plus durable de celles-ci ?

Le présent article expose un dispositif d'apprentissage innovant et actif, permettant aux étudiants de s'immerger dans une question d'actualité et de se confronter aux enjeux de leur future pratique professionnelle. L'article décrit les objectifs d'enseignement et les acquis d'apprentissages visés, met ceux-ci en perspective avec le modèle pédagogique d'*apprentissage expérientielle*, issue des sciences de l'éducation et présente les conclusions des premières sessions.

Les étudiants sont au cœur du dispositif d'apprentissage. Leur capacité à s'engager et à prendre la maîtrise de leurs apprentissages et savoirs engendre des résultats innovants tant en termes de nouvelles ressources matérielles issues de l'expérimentation que de développement de nouveaux dispositifs de construction. In fine, l'analyse des résultats obtenus, des réflexions menées et des apprentissages acquis tout au long du processus mènent à des constats inattendus et engendrent des nouvelles questions qui pourraient être traitées dans les prochaines sessions.

Former à une question d'actualité

L'unité d'enseignement *Question d'architecture et d'Ecologie (Cours au choix en master – LBARC2061)* a pour ambition d'aborder spécifiquement la question du **REEMPLOI DES MATERIAUX et de la CIRCULARITE**. Ce module, par ses contenus et les ressources mises à disposition, vise ainsi à immerger les étudiants dans une question d'actualité, question à laquelle leur pratique professionnelle devra faire face.

Les enjeux environnementaux actuels, en particulier le changement climatique et la raréfaction des ressources naturelles, questionnent aujourd'hui la production de l'environnement construit à toutes les échelles. Au niveau du bâtiment, apporter des réponses effectives à ces enjeux demande de reconsidérer les modes constructifs, les choix et les coûts de matériaux, les performances énergétiques, tout en tenant compte du cycle de vie. Ces réponses permettent aussi d'explorer des solutions innovantes, qui visent à limiter drastiquement les impacts environnementaux, qui sont économiquement viables et qui respectent la dignité humaine (on dira soutenables).

A travers l'investigation de ces quatre dimensions, les étudiants sont baignés dans un contexte professionnalisant, en ce sens que l'unité d'enseignement recrée un environnement d'apprentissage similaire à un contexte professionnel réel, dans le secteur de la construction, et utilisent des outils et méthodologie d'argumentation similaires à ce cadre professionnel.

Cette unité d'enseignement est développée et gérée ou encadrée par une équipe d'architectes - praticiens de la Faculté LOCI BXL et d'architectes - chercheurs issus de la cellule « Architecture & Climat » (Ch. Gillis ; E. Gobbo ; Jean-François Roger-France ; B. Thielemans & S. Trachte). Celle-ci est relativement récente puisqu'elle a donné lieu à deux sessions (2017 et 2019).

Intégrer le réemploi des matériaux et la circularité dans une démarche de conception.

Ce dispositif d'apprentissage vise à étudier de manière approfondie, par l'expérimentation matérielle d'un concept architectural et par la réalisation d'un prototype de façade, les différents aspects et exigences liés à la matérialité circulaire d'une enveloppe construite.

Le point de départ de ce dispositif intègre d'emblée une série de choix à effectuer par les étudiants et notamment le choix d'un matériau générique, issus de ressources renouvelable, pour la réalisation de la structure primaire. Les étudiants opèrent dans la foulée le choix d'un ou deux matériaux, issus des filières de réemploi, pour la réalisation de l'enveloppe du prototype (Cfr Enveloppe d'un bâtiment).

Chaque Prototype est constitué d'une structure primaire coordonnée par trois groupes d'étudiants. Chacun des groupes, constituant le prototype, est formé de trois étudiants qui déterminent conjointement les matériaux composant l'enveloppe, qui seront à expérimenter dans la mise en œuvre concrète du Prototype (Dispositif constructif ; Fixation, Préfabrication).

Les connaissances à acquérir ou à développer, à l'issu de cet enseignement intègrent les compétences suivantes :

- Réaliser un dossier technique de référence, relatif aux matériaux mis en œuvre en détaillant pour chacun d'eux, les caractéristiques techniques, physiques, de durabilité et de vieillissement ainsi que les conditions de mise en œuvre ;
- Formuler une hypothèse structurelle permettant l'emploi systématique d'un matériau générique et ce, dans une optique d'économie circulaire et de gestion durable des ressources.
- Explorer, dans un processus cohérent de conception et de construction, une mise en œuvre innovante et soutenable (Matériaux naturels / Déchets / Récupération & Réemploi / Mise en œuvre & Préfabrication /).

Il est demandé, en outre aux étudiants, de concevoir un prototype « réversible » supportant une succession de montages et démontages dans cet objectif de circularité. Et favorisant une réutilisation future des matériaux mis en œuvre, dans les filières de réemploi de matériaux de construction.

La démarche d'apprentissage et d'intégration des savoirs s'appuie sur un processus conceptuel itératif dans lequel une objectivation du processus est nécessaire. Les étudiants sont ainsi amenés, à l'instar d'une approche scientifique rigoureuse et globale, de réaliser préalablement et parfois conjointement à l'expérimentation, une série d'analyses ou évaluations du prototype envisagé comme : un calcul du coefficient de transmission thermique (*valeur* « U »), une évaluation environnementale sur l'ensemble du cycle de vie (Outil « Totem »), une évaluation qualitative de la réversibilité et de la simplicité des assemblages et du potentiel de valorisation des composants, un mètre des matériaux mis en œuvre (y compris le poids des matériaux et/ou des éléments préfabriqués à manipuler). Ces différents « outils » d'objectivation sont autant de supports réflexifs et comparatifs qui offre aux étudiants l'opportunité d'élargir leur réflexion à la conception et à la résolution de nœuds constructifs énergétiquement performants, tout en intégrant des notions d'étanchéité à l'air et à l'eau.

La base scientifique et pédagogique du dispositif : L'Apprentissage expérientiel.

Le dispositif mis en place s'ancre dans la littérature des sciences de l'éducation et s'inspire du modèle pédagogique repris sous le concept d'*apprentissage expérientiel*. Ce modèle pédagogique favorise un apprentissage des étudiants par l'expérience et « le faire ». De cette façon, l'intégration des connaissances et le savoir-faire méthodologie

sont intimement liés au vécu personnel de l'étudiant durant et après l'activité d'apprentissage.

Comme le souligne R. Côté (1998), la pratique pédagogique a longtemps donné la priorité de l'enseignement sur l'apprentissage. Dans cette distanciation entre les modalités pédagogiques qui s'intéresse à l'acte d'enseigner et celle de celui d'apprendre, une question majeure apparaît entre pédagogues : peut-on apprendre sans enseignement ?

Apprendre par l'expérience est sans nul doute le mode d'apprentissage le plus commun, le plus ancien et probablement la forme la plus fondamentale d'apprentissage et l'intérêt que portent les scientifiques sur l'apprentissage expérientiel n'est pas inédit. Ce qu'il y a de nouveau c'est que certains d'entre eux proposent des approches articulées basées sur l'idée que l'on *apprend par l'expérience* ... sans que l'enseignement de connaissances soit la référence de base.

Le concept de « Pragmatique expérientiel », selon Wilson et D. Baird (1997) préconise que l'apprentissage doit être réaliste et utile aux activités socio-professionnelles. Ce modèle encourage les étudiants à confronter l'authenticité ou la véracité des théories acquises ou concepts imaginés à travers l'expérience concrète de mise en œuvre en lien direct avec une réalité professionnelle.

Pour leur part, S.M. Land et J.R. Hill (1997) soulignent l'importance des choix personnels que l'étudiant effectue sur le contexte, les ressources et les outils dont il a besoin pour apprendre. Ainsi, « apprendre par l'expérience » crée un environnement innovateur d'apprentissage en assimilant trois facteurs :

- Un contexte permettant de lier les concepts formels aux croyances et aux expériences personnelles de l'étudiant ;
- Des ressources et des outils permettant de favoriser une compréhension intégrée;
- La prise de responsabilité sur ou maîtrise du processus d'apprentissage par les étudiants eux-mêmes.

Le modèle de L. Mandeville (2009) issu de ses recherches en science de l'éducation et présenté dans son article « Une expérience d'apprentissage significative pour l'étudiant » a servi de guide dans la mise au point du dispositif pédagogique de l'unité d'enseignement décrite. En effet, l'unité d'enseignement et le dispositif proposé développent une expérience d'apprentissage significative, sous forme de démarche expérientielle, dans la mesure où certaines caractéristiques reprises dans le modèle de L. Mandeville, mais pas nécessairement toutes, sont présentes :

1. Le dispositif représente **un évènement signifiant**, c'est-à-dire qu'il trouve, à travers l'innovation pédagogique, une «résonnance» chez les étudiants. A savoir : Répondre à un besoin qui est à la base de l'appétit d'apprendre et qui nécessite deux conditions : 1. Une situation insatisfaisante qu'il désire transformer / 2. Une situation désirée.
2. L'activité favorise **l'engagement** des étudiants, ce qui suppose un degré élevé d'investissement, de participation et de responsabilisation. A cet effet, l'engagement nécessite trois types de démarche : L'INVESTISSEMENT (Temps et énergie de l'étudiant), L'IMPLICATION (implique dimension émotionnelle, physique et cognitive des étudiants) et LA RESPONSABILISATION (les étudiants se prennent en charge / haut degré d'autonomie).
3. L'investigation des étudiants est facilitée par une **relation significative et d'assistance**, en ce sens que l'accompagnement favorise le développement de leurs ressources plutôt que de suppléer uniquement à leurs limites.
4. Le dispositif s'appuie sur un **processus d'autoréflexion**. Une activité d'apprentissage innovatrice qui se veut marquante favorise une période d'autoréflexion nécessaire à l'intégration de l'expérience. Le dispositif

suppose que les étudiants se questionnent par eux-mêmes et sur eux-mêmes dans le but d'examiner plus à fond les apprentissages réalisés.

5. La motivation est renforcée par **la reconnaissance** de l'accomplissement des étudiants. L'innovation pédagogique doit permettre à l'étudiant de parvenir à des accomplissements ... Une tâche réaliste et ambitieuse. La reconnaissance est une modalité notamment à la fin d'un processus d'apprentissage, dans le but de célébrer l'effort fourni par l'étudiant.
6. L'investigation des étudiants contribue à l'acquisition de connaissance nouvelle et à **l'actualisation des connaissances**. L'actualisation désigne un potentiel personnel, qui était déjà là, à l'état de simple possibilité, et qui se révèle au grand jour. Les étudiants découvrent leurs ressources, acquises antérieurement, puis consolident leur identité et se transforment.
7. L'activité contribue au **développement de méta compétences** essentielles à la formation des étudiants. Un apprentissage significatif peut contribuer au développement de deux méta-compétences : Comprendre par l'expérience & Apprendre à apprendre.

Les étudiants vont ainsi pouvoir confronter leurs capacités antérieures (*savoir bricoler*) à leurs préoccupations actuelles (*les enjeux environnementaux et circulaires*), tout en intégrant de nouveaux savoirs et compétences (*l'analyse du cycle de vie des matériaux et l'évaluation environnementale liée aux choix constructifs et à la conception*). La motivation des étudiants est ainsi directement liée à l'ensemble des choix préliminaires qu'ils peuvent faire (*le choix des matériaux*) durant l'exercice. L'apprentissage et l'intégration des connaissances sont également directement liés au regard réflexif et rétrospectif qu'ils posent sur leur production et qu'ils confrontent aux enseignants (*Responsabilisation des étudiants et rétroaction réflexive*).

L'accompagnement pédagogique est ainsi composé de cours théoriques et exposés ex cathedra qui alimentent la question ; de séances de séminaire encadrées portant sur la recherche et le partage d'informations; et **d'ATELIERS d'EXPERIMENTATION** permettant de confronter la réflexion conceptuelle et la mise en œuvre pratique.

A l'issue de l'enseignement, les prototypes et l'évolution de la réflexion ainsi que les analyses d'objectivation sont présentés à un jury multidisciplinaire composé d'acteurs du secteur de la construction circulaire (Bruxelles Environnement / Confédération Construction), de confrères académiques (ECAM) et des enseignants ayant accompagné les étudiants. Il est suivi par une sélection de productions « à exposer » lors des portes-ouvertes de la faculté.

Résultats obtenus : Prototype & Recherche

Les résultats obtenus, au cours des deux sessions, dégagent trois grandes tendances dans la motivation des étudiants à s'engager dans les questions d'actualité et à répondre aux enjeux actuels dans leur conception architecturale, essentiellement en regard du choix des matériaux de base :

- Les étudiants choisissent des **matériaux issus des filières classiques de construction** (brique, pierre, bois, tôle métallique ou plastique, etc...) en glanant et valorisant des déchets de démolition et/ou des chutes disponibles provenant soit des filières de production, soit des mises en œuvre sur chantier. L'objectif étant majoritairement de valoriser le réemploi avec ou sans reconditionnement.
- Les étudiants explorent les **potentialités des matières issues de la consommation domestique** (bouteille en plastique, capsule, sac plastique, bâche publicitaire, bac de bière, etc...) à devenir des ressources matérielles à reconditionner en vue d'être utilisées comme véritable matériau de construction
- Les étudiants valorisent **une matière première répondant à des critères écologiques** comme « matière naturelle » et/ou « matière renouvelable » (papier, carton, liège, terre-crue, déchet verrier, etc...) ou encore « matière

disponible en grande quantité ». L'intérêt étant ici d'investiguer les potentialités de reconditionnement et de valorisation à haute valeur ajoutée d'une matière première dans la production de nouveau matériau.

Ces différentes portes d'entrée énumérées ci-avant, engendrent des difficultés différentes pour les étudiants. Ils expérimentent qu'aucun de constituant de la conception architectonique et technique n'est applicable séquentiellement. Ils intègrent les outils d'objectivation (Bilan environnemental, métré quantitatif, Analyse Cycle de vie (ACV), etc...) en vue de valoriser la démarche itérative associant : Choix matériaux / Conception architectonique / Vérification objective et quantitative.

Au vue des différents prototypes expérimentés et réalisés « in-fine », plusieurs constatations peuvent être faites :

- La réalisation d'une structure primaire stable et autoportante, en regard du matériau choisi pour cette structure, a une grande influence sur la constitution et la fixation des modules ou cadres constituant l'enveloppe du prototype ;
- La mise au point du module de base et/ou du cadre préfabriqué, outre la question du poids, est en lien direct avec les tolérances admissibles des matériaux recyclés, reconditionnés ou réutilisés. Certaines démarches innovantes expérimentées par les étudiants ont induit un processus artisanal. D'autres démarches par contre sont parvenues à relever le défi de la production en série ;
- L'intégration des contraintes techniques concrètes telles que : permettre à une proportion des matériaux utilisés de retourner dans d'autre filière de réemplois (Réversibilité), permettre un montage / démontage du prototype (Préfabrication) et favoriser des assemblages mécanique et non collé, a davantage stimulé la créativité et l'innovation dans les réflexions conceptuelles. Cette créativité s'est exprimée majoritairement dans des solutions formelles et/ou esthétiques, dans la définition des modules ou dans l'ingéniosité des fixations de ceux-ci.

Discussion : Enseignement & Perspectives

Le retour des étudiants sur ce type d'enseignement et d'atelier d'expérimentation est une composante importante car il permet d'alimenter et de faire évoluer le travail des enseignants encadrants. A cet effet, une enquête évaluative QOPA a été réalisée auprès des étudiants. Les résultats de celle-ci démontrent que l'expérience est perçue comme « significative », dans la mesure où les effets sur l'apprentissage et la conscientisation sont multiples. Les étudiants précisent qu'un des nombreux intérêts de l'unité d'enseignement est de « *mettre en pratique ce que l'on apprend de manière théorique dans le cursus bachelier* ». Ainsi l'unité d'enseignement suscite « *une ouverture d'esprit sur la variété des matériaux à mettre en œuvre et leur impact constructif* » et les connaissances et savoirs acquis pourraient être « *utilisés dans d'autres circonstances/contextes* ». Cette unité d'enseignement, malgré les difficultés qu'elle engendre et l'énergie - temps qu'elle demande est considérée par les étudiants comme « *l'expérience la plus importante pour comprendre les enjeux actuels de notre métier* ».

Ces témoignages soulignent l'intérêt et l'importance de la motivation des étudiants à s'impliquer dans des apprentissages expérimentiels directement en lien avec les réalités de leur future pratique professionnelle. D'autre part, bien convaincus de l'utilité d'une telle formation, les étudiants pointent la difficulté d'assimiler autant de nouvelles connaissances en si peu de temps.

L'autoréflexion opérée par les étudiants au terme de l'exercice démontre, d'une part, leur capacité à apprendre par l'expérimentation évitant ainsi toute assimilation passive des savoirs et, génère d'autre part, plusieurs constats :

- Intégrer des matériaux de réemploi dans un concept architectural nécessite de « s'adapter » aux ressources matérielles localement disponible en regard de la situation ou du contexte et d'appréhender ces ressources comme une variable conceptuelle ;

- Concevoir et construire avec des matériaux de réemploi sont intimement liés à la prise en compte des modes de fixation et des connecteurs manufacturés, disponibles sur le marché et dans un ratio qualité/prix abordable ;
- Concevoir dans un objectif de « circularité » modifie radicalement les axiomes de conception. L'intégration des données quantitatives et qualitatives liées aux matériaux utilisés doit être perçue comme un levier d'action d'une nouvelle conception architectonique. A l'architecte d'en exploiter les contraintes en vue de les transformer en forme architectonique.

Il s'agit là d'une découverte radicale de changement de paradigme conceptuel pour les étudiants. L'expérimentation leur a permis de confronter le processus de conception architectonique initié depuis le début de leur formation, avec des données concrètes, essentielles dans la visée contemporaine des enjeux environnementaux de la conception architecturale... et « in-fine » de les intégrer durablement.

Toutefois, il apparaît, lorsqu'on observe et analyse les stratégies d'apprentissage des étudiants, que l'activation des connaissances antérieures, notamment la transposition de dispositif constructif de base à des matériaux hybrides, nécessite un processus itératif plus long qu'imaginé initialement par les co-titulaires.

Concernant le modèle pédagogique, la scénarisation du processus, en regard du temps alloué à l'exercice, ne permet pas de suffisamment exploiter la notion de « temps d'arrêt » nécessaire à l'activation de la dimension d'autoréflexion et incitant les étudiants à se questionner sur les connaissances manquantes à investiguer en autonomie (Cfr apprendre sans enseignement). Les co-titulaires ont dès lors anticipé ces étapes. Néanmoins, la rédaction d'une conclusion autoréflexive des étudiants dans le rapport final, montre le taux élevé d'intégration de ces connaissances, vu l'application de celles-ci dans la réalisation de leur prototype.

Pratiquement et considérant la difficulté énoncée par les étudiants à s'approprier l'ensemble des outils d'objectivation, le scénario de base visant à combiner, au sein de l'atelier, des démarches de vérification quantitative et des démarches d'expérimentation de matériaux, est à questionner. D'autant que certains outils, tels que l'outil TOTEM, ne sont pas encore adaptés à l'utilisation de matériaux de réemploi ou de matériaux dits « domestiques ».

Conclusion :

Les futurs architectes constatent que la conception d'une façade réversible mettant en œuvre des matériaux de réemploi, est grandement influencée par le coût et le nombre de fixations et de connecteurs nécessaires, tout autant que les ressources matérielles et humaines (main d'œuvre nécessaire et temps de travail).

Le retour de ce mode d'interaction enseignant<>apprenant est également positif et instructif pour les enseignants et membres du jury, de par la variété de réflexions et de résultats qu'il engendre : développement de nouveaux matériaux à base de déchets, procédés constructifs et matériaux originaux, inversion du processus de conception...

En outre l'unité d'enseignement, au-delà de ses enjeux de formation, donne lieu à des nouvelles perspectives et de sujets de travaux de fin d'étude (TFE) encadrés par les enseignants-chercheurs et notamment sur la brique en papier et sur la conception d'une fixation universelle pour tout type de matériau en bardage. Force est de constater que le discours, les concepts abordés et l'enseignement de ce module prennent racine. Une augmentation notable de sujets de TFE sur le réemploi, le zéro déchet, la réversibilité est observée. Certains TFE sont même remarqués et primés lors de concours comme les HERA Awards, (<https://hera.foundationfuturegenerations.org>), le prix du mémoire en économie circulaire (InnovIris) ou encore le prix Cobaty. Certains TFE donnent aussi lieu à des recherches plus poussées sous forme de recherche industrielle ou de thèse de doctorat.

Sensibiliser et former ces futurs architectes à l'économie circulaire, au réemploi, aux impacts environnementaux générés, notamment par des choix de conception, c'est AUSSI encourager la transition du secteur et former des futurs acteurs à l'articulation entre la recherche et l'expérimentation.

Richard Côté (1998). Apprendre : formation expérientielle continue, Sainte-Foy, Presse de l'Université du Québec.

S.M. Land et J.R. Hill (1997). Open-ended learning environments (OLEs) : a framework for design and development, National Convention of the Association for Educational Communications and Technology, Oklahoma

Lucie Mandeville (2009). Une expérience d'apprentissage significatif pour l'étudiant / Chapitre 7. In « Bédard D. & Béchar J-P., Innover dans l'enseignement supérieur », Paris, Presse universitaire de France (PUF)

J. Wilson et D. Baird (1997). Dewey revisited : A pragmatic experientiel model for teacher education, The Educational Forum of University of West Alabama,

Ch. Gillis & S. Trachte.