

Observation de l'enseignement de l'activité collaborative de la conception architecturale : Défis d'analyse de visualisation d'une approche environnementale.

Khansa Dhaouadi, Université de Liège, khansa.dhaouadi@doct.uliege.be

Mots clés : Analyse, visualisation, collaboration, observation, conception architecturale.

Résumé : L'enseignement de la conception architecturale s'inscrit dans un contexte de plus en plus complexe où la collaboration interdisciplinaire et l'intégration des défis environnementaux deviennent des impératifs incontournables. La compréhension de l'activité collaborative constitue ainsi un enjeu majeur pour les institutions académiques souhaitant préparer leurs futures générations de concepteurs à répondre aux défis contemporains.

Cet article propose de comprendre la complexité de l'activité collaborative dans un contexte pédagogique, à travers une observation menée au sein d'un programme de master en génie civil et architecture à l'[Université Anonyme] en étudiant les interactions entre étudiants et enseignants. Il met en lumière les défis méthodologiques liés à l'observation, l'analyse et la visualisation des dynamiques de conception intégrée, en intégrant les enjeux environnementaux. Enfin, nous proposons des pistes pour explorer encore les modalités d'observation et d'analyse de l'enseignement de l'activité collaborative de conception architecturale.

1. Introduction

Dans l'enseignement de la conception architecturale, intégrer les enjeux environnementaux exige une approche holistique dépassant les limites d'une discipline unique. La complémentarité entre les différentes disciplines, notamment l'architecture et le génie civil, permet d'appréhender la complexité des projets et de répondre aux défis contemporains (Nyka, 2019). En conséquence, un appel à un changement de paradigme est nécessaire pour une nouvelle génération d'architectes, d'ingénieurs et de concepteurs conscients des problèmes environnementaux actuels. Ce virage signifie que la façon dont nous concevons nos espaces a changé et qu'une réflexion interdisciplinaire est désormais en place (Salama, 2002).

Dans le contexte pédagogique, l'activité collaborative de la conception émerge comme une approche particulièrement adaptée à cette complexité. Contrairement aux modèles traditionnels où l'enseignant est la principale source de savoirs, la pédagogie collaborative repose sur l'idée que le savoir émerge à travers les interactions entre apprenants. L'analyse de l'activité collaborative en conception architecturale nécessite des outils méthodologiques rigoureux pour capturer la complexité des interactions entre acteurs et la dynamique d'évolution des informations échangées. Une étude menée sur le sujet a développé un protocole d'observation permettant de caractériser ces dynamiques en temps réel et d'analyser la traçabilité des informations dans le processus de conception (Baudoux & Leclercq, 2023).

Dès lors, la phase d'observation et de saisie d'information in situ offre, la concrétisation du cadre empirique et opératoire et la possibilité d'étudier l'enseignement de la conception architecturale comme une démarche essentielle pour analyser et visualiser les dynamiques de l'activité collaborative dans le cadre de la conception intégrée. Selon une démarche pragmatique,

l'observation d'une activité peut aider à comprendre le fonctionnement du système didactique et pédagogique mis en place par l'enseignant. De ce point de vue, ce ne sont pas les individus uniquement qui constituent l'objet à observer mais aussi les interactions (Brousseau, 1978). Toute observation est une sorte de reconstruction de la réalité vécue et perçue où l'observateur choisit, réorganise et collecte des phénomènes sous forme de faits. Ce recueil est déjà un travail d'interprétation, de réélaboration du réel observé. Il devient ainsi possible d'appréhender la pédagogie de manière systémique, en tenant compte des dynamiques de groupe, des interactions entre étudiants et enseignants, ainsi que des éléments contextuels influençant l'apprentissage. Dès lors, l'observation n'est pas une simple transcription de ce qui se passe dans l'atelier de conception architecturale ; elle constitue un premier niveau d'interprétation de la réalité perçue. Le chercheur doit donc veiller à utiliser des outils méthodologiques solides pour garantir la validité et la fiabilité des données recueillies.

L'article présent propose de comprendre la conception architecturale sous un prisme analytique. Il s'agit d'une étude de cas réalisée au cours du premier semestre d'un programme de master en génie civil et architecture à l'[Université Anonyme], au sein de l'Atelier d'architecture de conception intégrée. Les étudiants sont amenés à travailler en équipe au sein d'un processus d'apprentissage collaboratif. L'objectif consiste à mettre en lumière les défis méthodologiques liés à l'observation, à l'analyse et à la visualisation de ces dynamiques, dans un contexte de conception intégrée et l'activité collaborative, en tenant compte des enjeux environnementaux.

Ainsi, cet article s'organise en trois sections complémentaires. La première partie expose le contexte pédagogique observé en détaillant les modalités d'enseignement et d'apprentissage dans ce cadre de la conception architecturale collaborative. La deuxième section expose les choix méthodologiques permettant ainsi d'examiner les données collectées en mettant particulièrement l'accent sur l'observation réalisée. Enfin, la dernière partie propose une discussion des résultats, en les inscrivant dans une perspective plus large, en identifiant les limites de l'étude et en suggérant des pistes de réflexion pour optimiser les pratiques pédagogiques dans ce domaine.

2. Contexte pédagogique étudié

Au cours d'une période de quatre mois durant la première année du programme de master en génie civil et architecture à l'[Université Anonyme], nous avons mené une immersion au sein de l'Atelier d'architecture IV, conception intégrée, afin d'observer directement le processus de conception. Cette étude s'inscrit dans un environnement pédagogique précédemment décrit (Anonyme & Anonyme, 2022). Dans un contexte similaire à celui d'un concours architectural, 21 étudiants sont mis au défi de travailler ensemble au sein de plusieurs équipes à travers un processus d'apprentissage collaboratif. Ils sont confrontés à des exigences complexes qui impliquent une réflexion intégrée au niveau de l'articulation entre le site, la forme, les fonctions, les systèmes structurels du bâtiment et les attentes de la maîtrise d'ouvrage et des utilisateurs,

L'enjeu de cet atelier est d'articuler composition architecturale et maîtrise technique dans la conception d'un projet d'envergure, basé sur un appel à concours réel. Il s'agit d'une collaboration interdisciplinaire entre ces étudiants ingénieur architecte de l'[Université Anonyme] et les étudiants en ingénieur civil des constructions d'une autre [Université Anonyme]. Ceci est explicité par le biais d'une recherche présentant les moyens pédagogiques mis en place entre ces deux institutions dans le but de conscientiser les futurs acteurs du domaine de la construction au travail d'équipe et à la documentation du projet (Calixte et al., 2022).

À travers ce processus de conception architecturale comme illustrée dans la figure 1, l'Atelier d'architecture IV est lié au cours de la Conception architecturale et urbaine durable (CAUD) qui assure un enseignement théorique et pratique. Il consiste à développer un projet architectural selon une approche intégrée, combinant les aspects architecturaux et la durabilité à travers le développement de plusieurs critères environnementaux dans le processus de conception. Le paradigme du développement durable consiste en la mise en pratique d'un ensemble de principes

visant à améliorer le bien-être, à promouvoir d'avantage la justice sociale et au respect des écosystèmes. Il s'agit d'une démarche voire un processus d'évolution, une dynamique bien plus qu'un ensemble de normes à atteindre. Il implique une transformation des modes de pensée et d'action. Ce paradigme, comme mise en évidence dans le rapport Brundtland, se situe au croisement de trois dimensions fondamentales : sociale, économique et environnementale, et constitue ainsi le cadre de référence de cette approche (ARE, 1987) . La dimension sociale renvoie à l'amélioration des conditions de vie et à la réduction des inégalités, dans une perspective d'équité et de justice. Le volet économique implique la mise en place de modèles de production et de consommation responsables, capables de générer une prospérité partagée et durable. Quant à la dimension environnementale, elle engage la société à protéger et valoriser les ressources naturelles, en tenant compte de leur renouvellement sur le long terme.

Ainsi, des outils ou encore méthodes d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments se sont développées avec des versions adaptées aux types de construction, pays, climat, culture, réglementations... Ces outils d'évaluation environnementale ont vu le jour pour permettre l'évaluation objective de l'utilisation des ressources, des contraintes écologiques et des qualités environnementales intérieures (Cole, 2005). Parmi les protocoles environnementaux les plus couramment utilisés, la démarche de la Haute Qualité Environnementale (HQE) qui repose sur deux axes principaux, dont la Qualité Environnementale du Bâtiment (QEB). Cette dernière se définit comme l'aptitude de l'ensemble des caractéristiques du bâtiment, de ses équipements et de sa parcelle à satisfaire les exigences liées à la maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et la création d'un environnement intérieur confortable et sain et ceci tout le long du cycle de vie du bâtiment dès la programmation, la conception et la réalisation de l'ouvrage... Elle se structure en 14 cibles déclinées elles-mêmes en sous-cibles, représentant les préoccupations majeures associées à chaque enjeu environnemental, qu'on peut regrouper en 4 thèmes : Energie, environnement, Confort et Santé (CERTIVEA, 2015).

Dans cette perspective, le contexte pédagogique étudié met l'accent sur la démarche HQE, dans le cadre plus large des fondements théoriques du développement durable, afin d'en saisir pleinement la portée et les implications. Pour des raisons pédagogiques choisies par l'équipe, seuls six de ces objectifs ont été pris en compte dans notre étude : la relation physique des bâtiments avec leur environnement immédiat, le choix intégré des processus et produits de construction, la gestion de l'énergie, de l'eau et des déchets, ainsi que le confort hydrothermique.

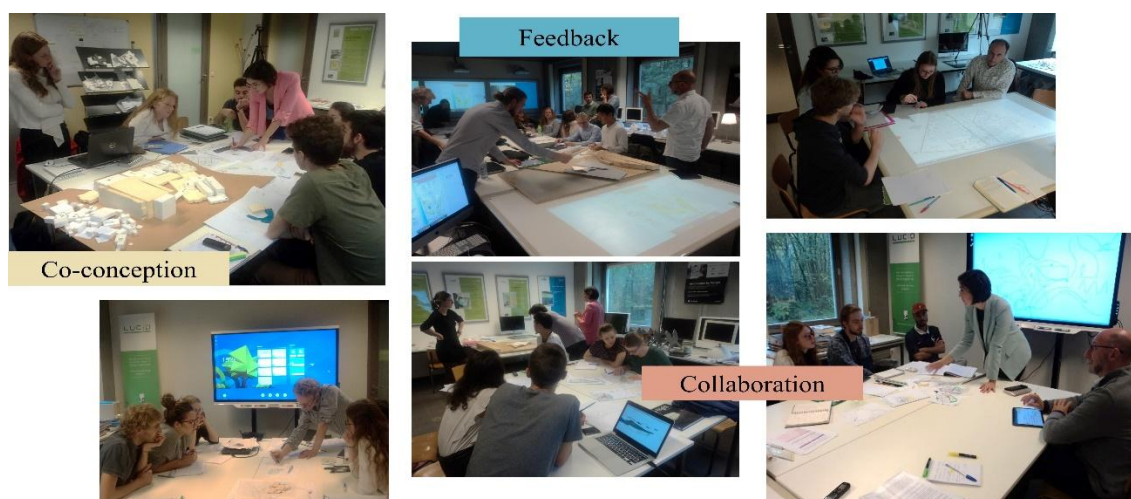


Fig. 1 – Contexte pédagogique étudié.

Ce qui rend cette expérience unique, c'est que, tout au long du processus de conception architecturale et en complément du cours théorique sur la durabilité, les étudiants ont eu l'opportunité de collaborer avec différents professionnels et experts en fonction de l'avancement du projet. Cela a permis d'apporter des contributions multidisciplinaires dans plusieurs

disciplines, notamment l'architecture, l'enveloppe du bâtiment, la qualité environnementale, la structure, la sécurité incendie, les normes d'accessibilité, le chauffage et la ventilation, afin de mieux répondre aux défis posés par les choix architecturaux.

3. Méthode

3.1. Observations, entretiens et Protocole de collecte des données

Dans le cadre de cette étude, la collecte de données s'appuie sur des méthodes qualitatives comme le montre la figure 2. Une première étape consiste à collecter des données en observant les séances de travail afin de documenter les interactions entre les étudiants, les enseignants et les experts. L'observation nous permet d'analyser le travail en groupe, identifier les modes de collaboration adoptés, examiner les activités d'apprentissage, les méthodes d'enseignement et les contributions des professionnels. Une telle démarche permet de comprendre les dynamiques pédagogiques tout en mettant en lumière l'impact sur l'évolution du processus conceptuel.

Notre approche pour la collecte de données, comprend également une enquête par entretien avec les différents groupes d'étudiants, d'enseignants et certains experts. Il nous est très utile de combiner l'observation directe avec d'autres techniques indirectes et spontanées tels que le fait de poser quelques questions qui permettent d'avoir plus d'informations de la part des étudiants et enseignants. Ces questions sont principalement axées sur la complexité de l'apprentissage collaboratif et son rôle dans la promotion de la qualité environnementale ainsi que la contribution des experts dans le processus conceptuel observé.

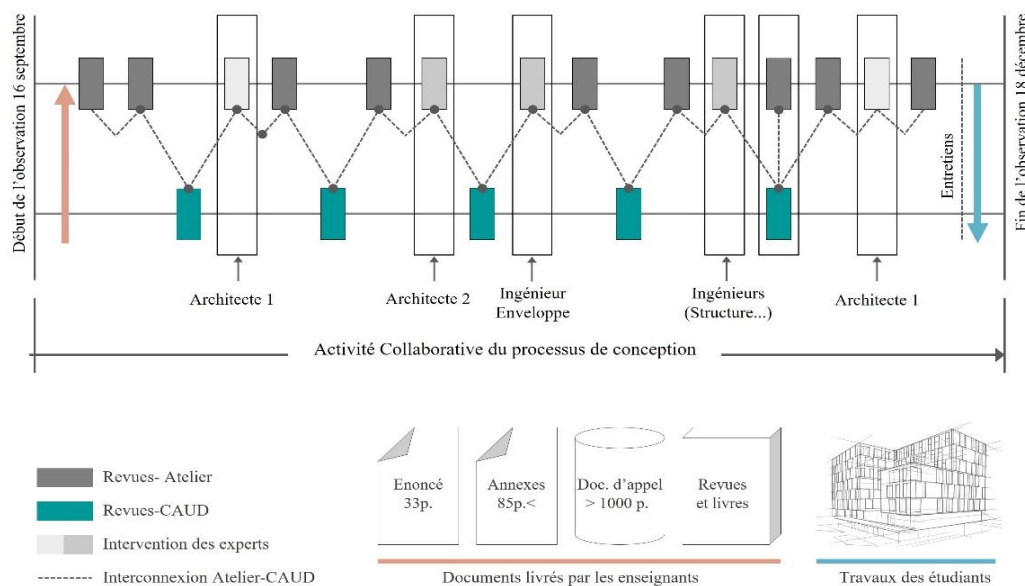


Fig. 2 – Schéma de l'observation réalisée.

Du 16 septembre (début du processus de conception) au 18 décembre (jury et fin du processus), l'étude dure 14 semaines. L'atelier d'architecture et le cours CAUD se déroulent simultanément. L'atelier est encadré par deux instructeurs qui partagent, lors des revues de projets, des discussions et des échanges d'idées avec différents groupes d'étudiants, chacun le lundi et le jeudi matin (8 h par jour). Les séances du cours CAUD ont lieu chaque mardi après-midi avant la pratique (4 h par semaine). En fonction de l'évolution rapide du processus, des experts de différents domaines interviennent dans la conception des projets une ou deux fois par mois.

La seconde étape repose sur une étude approfondie des productions des étudiants (figure 3), réalisée à partir des documents élaborés tout au long du processus de conception, tels que les rapports, les esquisses et les maquettes. Ceci vise à retracer l'évolution des idées et à identifier les ruptures ou les continuités dans le raisonnement conceptuel des étudiants.

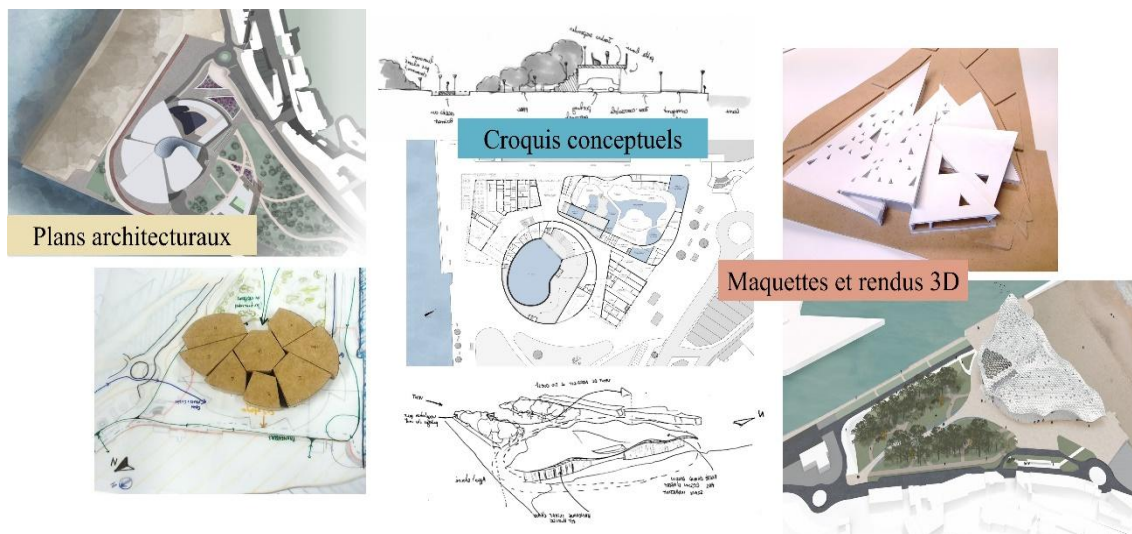


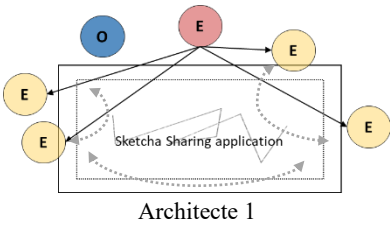
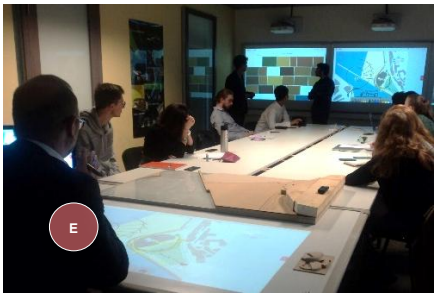
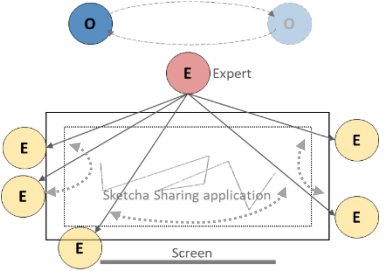
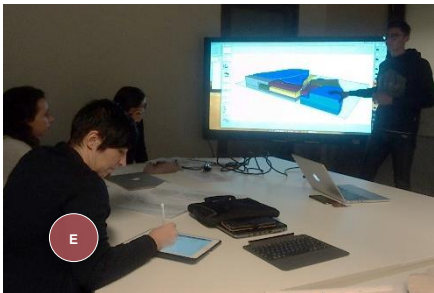
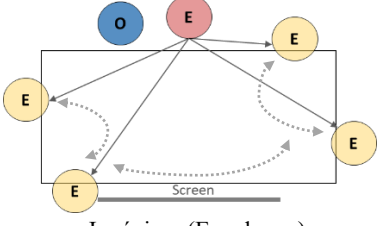
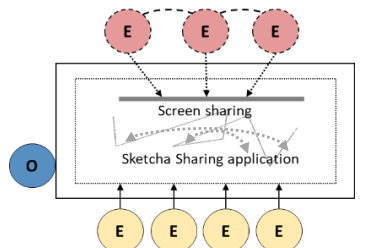
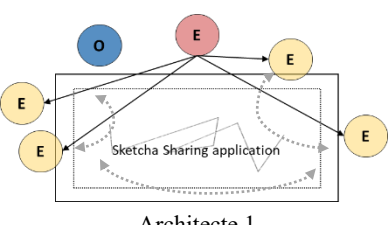
Fig. 3 – Travaux des étudiants comme support de collecte de données.

Notre approche méthodologique s'est caractérisée dès le départ par une certaine spontanéité sans l'intervention d'une théorie a priori. L'objectif est de décrire de la façon la plus exhaustive possible l'expérience pédagogique vécue. Cette observation reprend les grands principes de la théorie ancrée, qui pour Glaser et Strauss, permet de découvrir les structures fondamentales qui organisent les phénomènes sociaux en développant une théorie à partir des données empiriques (1999). Cette approche est particulièrement adaptée à la découverte et à l'exploration de nouveaux concepts, relations et modèles dans un domaine de recherche donné. Une caractéristique clé de la théorie ancrée est l'approche empirico-inductive, où les chercheurs restent ouverts et flexibles par rapport aux données collectées et émergentes. Cette méthodologie suit généralement un processus itératif en trois étapes : la collecte de données, l'analyse des données et la conceptualisation théorique.

Au fil des observations, nous avons adopté la posture d'un chercheur qui retourne sur le terrain pour 'ancrer' sa théorie, et réalise une étude de cas dans un contexte évolué par rapport à la situation précédente. C'est dans le cadre d'une méthodologie qualitative qu'on utilise pour étudier le même phénomène et ainsi superposer les données sur un même concept identifié, comme proposé dans certaines recherches antérieures (Iordanova, 2009). Nous avons systématisé nos pratiques, qui sont désormais organisées de manière méthodique et structurée. Dans ces cas, nous avons mis en place une grille d'observation, complétée par des prises de notes, des enregistrements audio et vidéo, ainsi que par la saisie de photos, permettant un recueil optimal des données. L'utilisation de cette grille d'observation nous a aidés à identifier les moments structurants de l'action, c'est-à-dire ceux où des éléments d'intérêt pédagogique émergeaient.

En tant qu'observatrice intégrée au sein des séances d'ateliers et de cours, j'ai adopté une posture d'observation participante non interventionniste, bien que parfois impliquée, a nécessité un constant effort de prise de recul afin de conserver une analyse impartiale. Ceci me permet de suivre de près le déroulement des interactions sans altérer leur spontanéité. Ma présence visible mais discrète au sein des groupes a favorisé la construction d'un climat de confiance, propice à l'émergence d'échanges authentiques entre les étudiants et les enseignants ainsi que les experts. Cette position m'a offert un accès direct à la dynamique interdisciplinaire de la conception architecturale ainsi qu'à la progression du processus collaboratif, que j'ai analysés en lien avec les temporalités et les séquences pédagogiques. Comme le souligne Brousseau (1978), l'observation ne doit pas être perçue comme une simple collecte d'informations factuelles, mais comme un processus dialectique impliquant une analyse des interactions entre l'apprenant, le système éducatif et le milieu, où les contraintes et rétroactions façonnent l'évolution des connaissances. Le tableau suivant illustre de manière synthétique les types de contributions disciplinaires, les configurations spatiales des groupes, ainsi que les modalités d'interaction mobilisées au cours des différentes phases d'atelier.

Tableau – Observation des dynamiques spatiales et interactionnelles au sein d'un processus d'apprentissage collaboratif.

Processus d'apprentissage Collaboratif	Experts	Disposition de l'atelier	Contributions
		 Architecte 1	Phase de recherche des choix architecturaux Programmation fonctionnelle
		 Architecte 2	Composition architecturale Concept formel Compréhension du contexte urbain et architectural
		 Ingénieur (Enveloppe)	Matériaux durables Enveloppe Efficacité énergétique
		 Ingénieurs (Structure...)	Technologie architecturale Système structurel et réglementations
		 Architecte 1	Phase de maîtrise de la conception, prenant en compte les aspects fonctionnels, structuraux environnementaux.
Experts Etudiants Observatrice Contributions des experts Apprentissage collaboratif			

3.2. Analyse du processus conceptuel observé

L'analyse du processus conceptuel architectural dans le cadre de l'enseignement de l'architecture exige une approche intégrative, articulant les dimensions pédagogiques, cognitives et environnementales. Elle permet de saisir les mécanismes d'élaboration et de transformation des idées au sein d'un dispositif collaboratif d'apprentissage.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons intentionnellement opté pour une représentation linéaire du processus conceptuel du projet architectural, un choix avant tout dicté par la nécessité de rendre plus accessible et compréhensible un phénomène intrinsèquement complexe.

Bien que le processus de conception architecturale soit, en réalité, de nature itérative, non linéaire et caractérisé par des allers-retours constants entre les phases d'analyse, d'expérimentation et de réalisation, il est important, pour des raisons méthodologiques et pédagogiques, de proposer ce modèle qui en simplifie l'interprétation. En effet, cette linéarité offre un cadre structuré permettant de mettre en évidence les étapes clés, les moments de décision et les transitions critiques, tout en offrant une progression chronologique qui facilite la compréhension globale du processus.

La modélisation linéaire s'inscrit ainsi dans la continuité de la linéarité du temps, en traduisant le déroulement séquentiel des actions et des événements selon un enchaînement logique et temporel. Elle repose sur une structuration rigoureuse des étapes du processus, chacune succédant à la précédente dans un ordre déterminé, reflétant une vision cumulative et ordonnée du temps.

Ce choix n'implique pas une réduction de la complexité inhérente au processus architectural créatif ; il constitue plutôt une abstraction nécessaire pour organiser et présenter les données de manière plus cohérente et intelligible. Ainsi, cette modélisation linéaire vise à clarifier les différentes phases du projet tout en reconnaissant la nature fluide et évolutive du processus conceptuel, souvent ponctué d'ajustements, de révisions et de réinterprétations.

4. Présentation des données collectées et visualisation de leur format

4.1. Codage des données collectées

La modélisation et l'analyse de l'activité collaborative nécessitent une structuration rigoureuse des données issues de l'observation. Dans ce cadre, l'utilisation de grilles d'observation constitue un levier méthodologique essentiel pour capturer les interactions entre les acteurs, les artefacts mobilisés et les différentes phases du processus conceptuel.

Comme mentionné précédemment, la collecte des données a été réalisée à l'aide d'une grille d'observation, appliquée aux différents groupes d'étudiants au cours des séances d'atelier. Ce dispositif méthodologique vise à garantir une standardisation du processus d'acquisition des données en définissant précisément les catégories d'observables ainsi que les modalités de leur enregistrement. Le passage d'un format manuscrit à une structuration numérique via le logiciel Excel, tel qu'indiqué dans la figure 4, contribue à une organisation systématique des informations collectées, facilitant ainsi leur traitement et leur exploitation ultérieure. Il permet d'assurer une cohérence dans l'encodage des interactions et d'en faciliter l'analyse à l'aide de méthodes quantitatives et qualitatives. Cette grille de codage des données se compose de plusieurs sections :

- Une ligne du temps, qui sert de repère chronologique et permet d'analyser l'évolution des interactions en fonction de la durée de l'atelier.
- Une catégorisation des groupes d'étudiants observés, assurant une distinction claire des participants et des dynamiques propres à chaque équipe.
- Une double entrée Cours/Atelier, distinguant les apports théoriques du cours de la Conception architecturale et urbaine durable (CAUD) et leur mise en application pratique dans l'atelier d'architecture IV.
- Les moments-clés d'intervention des différents experts et leur influence sur l'évolution et l'orientation du processus d'apprentissage collaboratif et la structuration des décisions de conception pour chaque projet.
- Une structuration des cibles et sous-cibles de la Qualité Environnementale du Bâtiment (QEB), permettant de relier les actions des étudiants aux enjeux environnementaux.

Cette grille repose sur l'ensemble des cibles et sous-cibles de la QEB de la démarche HQE aux côtés des aspects architecturaux tout au long du processus conceptuel de conception. Comme mentionné précédemment, seules 6 cibles sont considérées dans ce projet, comme suit :

- Cible 1 intitulée "Relation physique des bâtiments avec leur environnement immédiat",
- Cible 2 intègre un "Choix intégré des processus de construction et des produits",
- Cible 4 "Gestion de l'énergie",
- Cible 5 "Gestion de l'eau",
- Cible 6 "Gestion des déchets",
- Cible 8 intègre le "Confort hydrothermique" avec ses différents paramètres.

La dimension environnementale y occupe une place centrale à travers les cibles relatives à la réduction des impacts sur l'environnement. Cela passe par l'insertion du bâtiment dans son site, la gestion des flux, la mobilité douce, la préservation de la biodiversité, la maîtrise des consommations énergétiques, la gestion des déchets et de l'eau. Ces cibles traduisent la volonté d'intégrer le bâtiment de manière harmonieuse à son écosystème, tout en optimisant ses performances environnementales sur l'ensemble de son cycle de vie (CERTIVEA, 2015).

L'aspect social met l'accent sur le confort des usagers et la qualité de vie au sein du bâtiment, en tenant compte de nombreux paramètres tels que le confort thermique, acoustique, visuel, olfactif, la qualité de l'air, l'accessibilité... L'objectif est de concevoir des espaces qui soient à la fois adaptés, inclusifs et agréables, dans une logique de bien-être global.

La dimension économique vise la maîtrise des coûts sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, à travers une approche en coût global, incluant les coûts de construction, d'entretien, d'exploitation énergétique et de maintenance. L'objectif est d'optimiser les ressources financières tout en garantissant la pérennité et la performance du projet

Enfin, les aspects architecturaux ne sont pas réduits au second plan. Ils sont abordés en tant que composantes à part entière de la qualité environnementale. Cette qualité est traduite par des indicateurs relatifs à la forme, à la cohérence spatiale ou à la connexion des espaces.

Cours CAUD				Atelier d'architecture				Critères, cibles et sous-cibles de la QEB							
Séquence		Temps (en s)		Description		Groupe		Aspects généraux		Intégration du bâtiment dans son contexte		Qualité d'habitat des espaces extérieurs pour les usagers		Impacts du bâtiment sur les écosystèmes	
SSC	TIME	ACT	ALT	SPC1/CAUD	SPC1/ACT	ONLY1/CAUD	ONLY1/ACT	ONLY1/CAUD	ONLY1/ACT	ONLY1/CAUD	ONLY1/ACT	ONLY1/CAUD	ONLY1/ACT	ONLY1/CAUD	ONLY1/ACT
001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
1	00:00	001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
2	00:00	001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
3	00:00	001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
4	00:00	001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
5	00:00	001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001
		001-001-001	0.0.0	0.0.0	0.0.0	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001	001-001-001

Cette grille ne se limite pas à une logique de prescription ou de norme, mais participe d'une vision systémique et intégrée de la durabilité dans le projet architectural. Elle établit un lien interactif entre les intentions de conception, les contraintes du contexte et les exigences environnementales, encourageant une analyse transversale des multiples aspects de la qualité environnementale du bâti. Cette structuration facilite le repérage des corrélations entre les différentes variables d'analyse et la standardisation des données par le biais de ce format numérique et améliore également la reproductibilité et l'exploitation de l'analyse.

4.2. Formalisme visuel

L'analyse de l'évolution du processus conceptuel des étudiants nécessite l'adoption d'un formalisme visuel structuré, permettant de représenter les dynamiques d'intégration des critères de la Qualité Environnementale du Bâtiment au sein des projets pour chaque groupe d'étudiants. Dans cette perspective, une série d'essais est conduite à l'aide d'un outil numérique [Outil Anonyme], en vue de concevoir un langage visuel adapté à l'analyse du processus de conception. Ces expérimentations ont pour objectif de générer une représentation graphique capable de rendre perceptible l'émergence graduelle des cibles de la QEB identifiées, en les inscrivant dans la progression temporelle de chaque projet.



Fig. 5 – Visualisation de l'intégration des cibles de la QEB dans le processus de conception, selon la ligne du temps [Outil Anonyme].

Ce formalisme visuel, représenté dans la figure 5, s'inscrit dans une approche matricielle, et croise deux dimensions différentes : d'une part, les séquences du processus de conception (illustrées ici à travers l'exemple d'un groupe d'étudiants), et d'autre part, critères abordés. Les cellules grises traduisent les aspects architecturaux du projet, tandis que chaque cellule colorée indique l'occurrence d'une cible de la QEB identifiée dans les travaux, les verbatims, les discussions, les choix ou les actions des étudiants tout au long de l'élaboration du projet.

On peut constater que, dès les premières phases de la conception et à la suite de l'analyse du contexte urbain, la cible 1 (matrice en bleu), qui aborde la relation du bâtiment avec son environnement immédiat, est présente de manière cohérente avec les différents aspects fonctionnels,

formels, structuraux et techniques de la conception. C'est la phase d'initiation à la sensibilisation environnementale, qui s'approfondit à mesure qu'elle avance vers la compréhension et enfin l'utilisation des connaissances environnementales dans le processus de conception architecturale. En effet, tout au long du processus de conception, l'atelier d'architecture et le cours CAUD créent une connexion directe entre les différentes cibles de la QEB et leurs applications. L'intervention de différents experts et la contribution de connaissances débattues analytiquement encouragent davantage la réflexion critique créative parmi les étudiants.

Comme le montre la figure 6, avec chacune de leurs interventions, de nouvelles cibles sont validées et le projet fait de plus en plus partie d'une approche holistique complexe, comme dans le cas de la cible 4 (Gestion de l'énergie) et de la cible 2 (Choix intégré des produits, systèmes et processus de construction) à la suite de l'intervention de l'expert en enveloppe du bâtiment et en qualité environnementale. De plus, dans le cadre des cibles 5 (Gestion de l'eau) et 8 (Confort hydrothermique), des interventions d'ingénieurs (structure, sécurité incendie, normes d'accessibilité, fluides...) sont mobilisées.

Grâce à une conception intégrée interdisciplinaire, tous les acteurs, étudiants, enseignants et experts, sont encouragés à travailler ensemble et à intervenir tout au long des phases du projet. Contrairement au processus de conception traditionnel, qui repose sur le travail isolé de spécialistes ayant des connaissances spécifiques à leur domaine respectif, cette approche s'appuie sur l'expertise d'une équipe de spécialistes expérimentés dans leurs propres domaines. Dans ce contexte pédagogique, l'intégration des critères environnementaux dans le processus conceptuel doit être approfondie afin de promouvoir une approche plus systémique et cohérente (Altomonte et al., 2012). La conception du bâtiment dans son ensemble nécessite un processus intégré dans lequel les équipes de conception travaillent ensemble tout au long des phases du projet pour évaluer la conception en termes de coût, de qualité de vie, de flexibilité future, d'efficacité, d'impact environnemental global, de productivité, de créativité et de manière dont les occupants seront stimulés (Fathi, 2014).

Depuis le début de ce processus de conception, les étudiants sont guidés à travers la phase de recherche conceptuelle et l'analyse pour définir des solutions de conception qui peuvent à la fois optimiser les conditions naturelles et créer des défis et des opportunités en termes de conception spatiale. Ensuite, avec l'intervention d'architectes et de différents ingénieurs, les étudiants utilisent les aspects compositionnels et le design volumétrique pour proposer des choix architecturaux pouvant représenter un langage de conception responsable. A la fin, ils ont développé des détails de construction et présenté des solutions technologiques environnementales dans le cadre d'une phase de maîtrise (Anonyme & Anonyme, 2024).

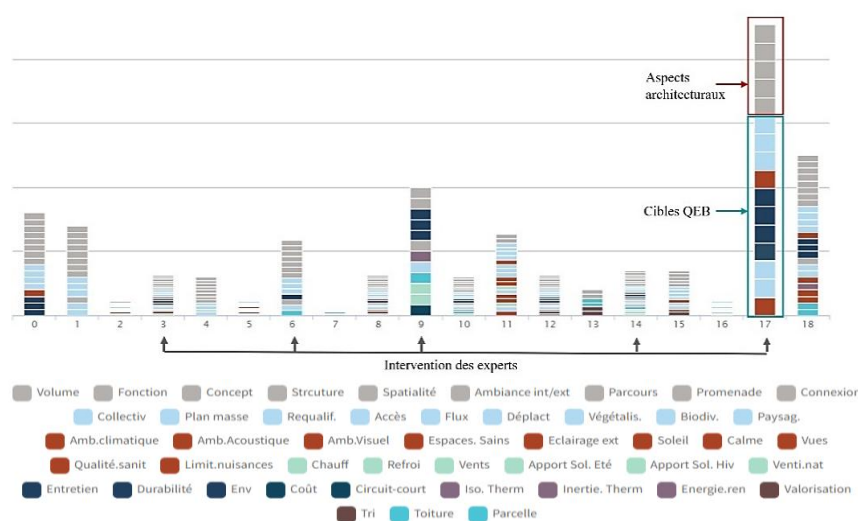


Fig. 6– Visualisation de l'intégration des cibles de la QEB dans le processus de conception (Groupe A), sous forme d'occurrences [Outil Anonyme].

Ce formalisme visuel permet une lecture analytique de l'évolution du raisonnement environnemental, en mettant en évidence la diversité des approches de conception selon les groupes (Groupes A et C). Il s'agit donc d'un dispositif particulièrement approprié pour examiner les logiques pédagogiques sous-jacentes et explorer les défis des étudiants à traduire les enjeux environnementaux en choix et décisions au niveau des projets comme le montre la figure 7.

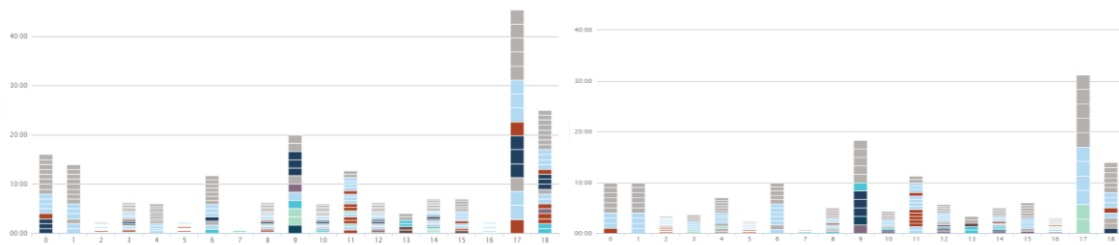


Fig. 7 – Lecture comparative dans la visualisation des cibles de la QEB dans le processus de conception (Groupes A et C), [Outil Anonyme].

Cependant, cette progression dans le processus de conception révèle plusieurs défis méthodologiques. Ces derniers concernent notamment la représentation visuelle des dynamiques de la conception collaborative. L'un des principaux défis est de représenter les interactions et le travail collaboratif entre étudiants, enseignants et experts. Par exemple, les figures montrent les différentes cibles environnementales incluses mais les échanges qui influencent les décisions, les compromis ne sont pas entièrement visibles. Cela représente un défi majeur dans la compréhension du rôle des échanges collaboratifs dans la conception architecturale.

Un autre défi important réside dans la manière dont le processus de conception pour chaque projet est simplifié au niveau du formalisme visuel proposé (différents essais). En se focalisant sur les résultats finaux de certaines étapes, ces figures ne tiennent pas compte des multiples itérations et ajustements continus qui font partie intégrante du processus de conception. La complexité des compromis et des décisions qui sont prises au fur et à mesure de l'avancement du projet est souvent réduite à des étapes linéaires. Cela constitue un véritable enjeu pour capturer la nature complexe et évolutive du travail collaboratif.

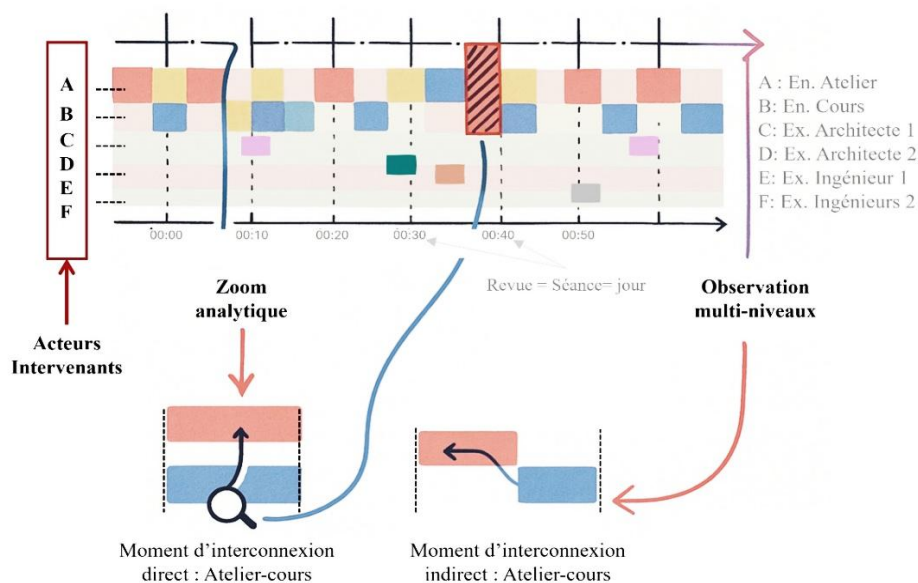


Fig. 8– Esquisse de visualisation des contributions des experts.

La visualisation des contributions des experts, telle qu'esquissée et interprétée dans la figure 8, vise à modéliser de manière rigoureuse et claire les logiques d'interaction entre les différents experts, et à en présenter la portée dans la structuration progressive du projet. Ceci met en lumière un défi majeur dans la modélisation des échanges interdisciplinaires au sein du processus de conception architecturale, défi qui n'est pas suffisamment explicité.

En effet, si l'implication ponctuelle des experts est perceptible, notamment à travers l'identification de leurs interventions aux différentes phases du projet, l'impact croisé de leurs apports respectifs sur les décisions de conception demeure insuffisamment explicité.

5. Conclusion

L'observation de l'activité collaborative de conception architecturale, telle qu'elle est mise en œuvre dans le contexte pédagogique étudié, permet de mieux saisir les mécanismes par lesquels les enjeux environnementaux s'intègrent progressivement aux dynamiques de projet. L'analyse des différentes modélisations produites a permis d'identifier les moments-clés où les cibles de la Qualité Environnementale du Bâtiment sont progressivement intégrées dans le processus de conception.

Les résultats ont également révélé que la démarche collaborative dans l'enseignement de la conception architecturale permet de renforcer l'intégration progressive des aspects environnementaux dans le processus de création. En particulier, l'analyse des évolutions des projets a révélé l'effet considérable des contributions de différents professionnels mettant en pratique une approche interdisciplinaire collaborative centrée sur l'apprenant, par opposition à l'approche plus traditionnelle centrée sur l'enseignant. En commençant dès le début du processus de conception, l'objectif est de combler le fossé entre la pratique professionnelle et l'enseignement en favorisant une approche holistique du projet.

Toutefois, l'un des enjeux majeurs est de représenter les interactions sociales observées et le travail collaboratif entre étudiants, enseignants et experts ainsi que les échanges qui influencent les décisions, les compromis ne sont pas entièrement visibles.

L'observation de ce processus dépasse une simple description et exige des outils d'analyse sophistiqués capables de décomposer ce processus en éléments constitutifs significatifs. Cette modélisation suppose ainsi des outils méthodologiques capables de dépasser une lecture séquentielle ou linéaire des interventions, au profit d'une visualisation systémique des relations d'interdépendance et des dynamiques d'apprentissage collectif orientées vers l'intégration des objectifs environnementaux dans le processus conceptuel.

Cette étude propose ainsi la modélisation comme un cadre méthodologique pour l'étude des pratiques pédagogiques dans le domaine de l'architecture et, par ailleurs, ouvre de nouvelles pistes pour l'amélioration de l'intégration des enjeux environnementaux dans les formations architecturales. En ce sens, cette démarche permet d'analyser de manière systémique la pédagogie atelier-cours, en particulier en ce qui concerne la manière dont les connaissances théoriques sur la durabilité sont appliquées dans la conception pratique.

Remerciements : Nous souhaitons exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude à l'ensemble du corps enseignant, ainsi qu'aux étudiants et aux professionnels du programme de master en génie civil et architecture [Université Anonyme] pour leurs contributions précieuses.

Références

- Altomonte, S., Cadima, P., Yannas, S., Herde, A., Riemer, H., Cangelli, E., LopezDeAsiain, M., & Horvath, S. (2012, novembre 7). *Educate! Sustainable Environmental Design in Architectural Education and Practice*.
- Anonyme & Anonyme. (2022). Shaping Sustainability in Architectural Education : The Integrated Design as a tool. *Journal of Design Studio*. <https://doi.org/10.46474/jds.1218258>
- Anonyme & Anonyme. (2024). *A Multidisciplinary Design Education Facing Climate Change*. EAAE Annual Conference and General Assembly 2022, Madrid, Spain. Towards a new European Bauhaus: Challenges in Design Education & Research. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40188-6_4
- ARE, O. fédéral du développement territorial. (1987). *1987 : Le Rapport Brundtland*. <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/medien-und-publikationen/publikationen/nachhaltige-entwicklung/brundtland-report.html>
- Baudoux, G., & Leclercq, P. (2023). Analyse d'activités de conception intégrée : Une méthode de traçabilité de l'information et de la visualisation de son évolution. *ModACT*. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/305306>
- Brousseau, G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue française de pédagogie*, 45, 130-140. <https://hal.science/hal-00515106>
- Calixte, X., Cuffi, K., & Leclercq, P. (2022). Mise en place d'un outil pédagogique de documentation du processus de conception architecturale. *SHS Web of Conferences*, 147. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214703002>
- CERTIVEA. (2015). *CERTIVEA organisme certificateur pour des cadres de vie durable*. <https://certivea.fr/>
- Cole, R. (2005). Building environmental assessment methods : Redefining intentions and roles. *Building Research and Information*, 33(5), 455-467. *Building Research & Information*, 33, 455-467. <https://doi.org/10.1080/09613210500219063>
- Fathi, A. (2014). Integrated Building Design Studio : A Cumulative Methodology to Accommodate and Apply Different Design Approaches in Architectural Education Stage. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3, 8951.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1999). *Discovery of Grounded Theory : Strategies for Qualitative Research*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203793206>
- Iordanova, I. (2009). *Assistance de l'enseignement de la conception architecturale par la modélisation de savoir-faire des référents*. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/2798>
- Nyka, L. (2019). Bridging the gap between architectural and environmental engineering education in the context of climate change. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol.17, 204-209.
- Salama, A. M. (2002). Environmental knowledge and paradigm shifts : Sustainability and architectural pedagogy in Africa and the Middle East. In A. M. Salama, W. O'Reilly, & K. Noschis (Éds.), *Architectural Education Today* (p. 51-59).