

# ENSEIGNER LA MATIERE POUR CONSTRUIRE DURABLE

## Le projet pédagogique Atelier Matières à Construire

Marion M. Bisiaux<sup>1</sup>, Laetitia Fontaine<sup>1,2</sup>, Romain Anger<sup>1,2</sup>,  
Hugo Houben<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Grands Ateliers, Villefontaine, France*

<sup>2</sup> *Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, AE&CC,  
laboratoire CRAtterre, Grenoble, France*

### Résumé

Face aux problématiques liées au changement climatique, le secteur du bâtiment doit subir une transition rapide pour passer d'une architecture consommatrice d'énergies fossiles vers une architecture frugale, propice à l'utilisation des ressources physiques et humaines des territoires et reliée aux cultures constructives locales. Le projet Atelier Matières à Construire développe en ce sens, des enseignements multidisciplinaires basés sur l'expérimentation, la créativité et l'émotion afin d'encourager l'utilisation de matériaux bruts ou peu transformés dans la construction du bâti.

### Mots-clés

Méthodes pédagogiques, innovation, créativité, institutions et politiques éducatives, développement durable.

## I. PRESENTATION DU PROJET

### I.1 Contexte et origine du projet : le cycle de la construction

Les questions de durabilité dans l'architecture sont souvent discutées exclusivement sur la base des propriétés des matériaux utilisés pour la construction. En particulier, le cycle de la construction, qui inclut toutes les étapes de la construction, de l'extraction de la matière première jusqu'à la fabrication de villes dans un territoire donné, est rarement pris en compte dans son intégralité. Néanmoins, ce cycle peut être considéré comme le socle à partir duquel tous les concepts de durabilité doivent s'élever. Ainsi, la construction durable à une échelle mondiale pourrait être fondée, non pas sur la découverte d'un matériau de synthèse possédant des caractéristiques exceptionnelles, mais plutôt sur une redécouverte des qualités

inhérentes aux matériaux bruts ou peu transformés : l'intelligence de la simplicité [Anger & Fontaine 2009].

Cependant, la notion de cycle de construction est rarement enseignée dans les écoles d'architecture ou d'ingénierie, principalement parce que les liens entre le territoire et la matière, entre la matière et les matériaux de construction ne sont pas identifiés. Le projet amàco (Atelier Matières à Construire), propose une approche pédagogique pour enseigner la matière et le comportement des matériaux afin de les inclure dans le cycle de la construction. Il s'adresse aux enseignants et aux étudiants de l'enseignement supérieur, notamment des écoles d'ingénieurs et des écoles d'architecture. Il est financé à hauteur de cinq millions d'euros par le programme des Investissements d'Avenir via les IDEFI (Initiatives d'Excellences en Formations Innovantes) pour une période de huit ans (2012-2019). Le projet est porté et mis en œuvre par les Grands Ateliers, l'ENS d'Architecture de Grenoble et son laboratoire CRAterre, l'INSA de Lyon et l'ESPCI ParisTech. Il réunit des chercheurs, des ingénieurs, des architectes, des artistes et des pédagogues afin de développer une approche interdisciplinaire et innovante de l'apprentissage dans le domaine de la construction et de l'architecture.

## **I.2 De la matière à l'architecture : les différentes facettes de la méthode d'apprentissage « amàco »**

Sur la base de cinq catégories de matières (matière en grains, matière en fibres, matière liante, matière molle et eau), amàco développe des expériences contre-intuitives et sensorielles pour explorer les propriétés de la matière à l'échelle d'un grain de sable, d'une fibre de chanvre ou d'une goutte d'eau. Le projet vise ainsi à développer une compréhension intuitive du comportement de la matière chez les apprenants. En ce sens, il s'inspire des travaux de Tardif [1990] sur l'enseignement stratégique selon lesquels il serait préférable d'aborder une situation d'apprentissage par la contextualisation (dans notre cas, l'expérience contre-intuitive), puis de présenter des repères théoriques (la décontextualisation) pour ensuite revenir vers l'expérience contre-intuitive (la recontextualisation).

Dans une deuxième étape, les apprenants sont invités à appliquer cette compréhension intuitive dans des exercices de conception de matériaux de construction. A cet effet, amàco propose des ateliers créatifs et expérimentaux où les étudiants peuvent travailler en intelligence collective et apprendre en faisant, selon une logique socioconstructiviste [Vygotski, 1978]. L'apprentissage en coopération est l'un des postulats du projet amàco et s'appuie sur la diversité des étudiants pour développer des idées transversales. Les étudiants sont invités à basculer de la position de l'apprenant à celle de formateur et vice-versa, expriment leurs visions des matières à construire et favorisent l'intercompréhension entre corps de métiers, tout en alimentant leur créativité.

Dans une dernière étape, à partir des exercices pratiques et la mise en œuvre de projets de construction, amàco révèle les liens entre la microstructure de la matière associant les questions structurelles à l'échelle du bâtiment.

A partir de cette méthode d'apprentissage, l'objectif d'amàco est de donner aux futurs professionnels du secteur du bâtiment tous les outils pour concevoir puis réaliser des matériaux de construction issus de matières brutes et locales (sur un territoire donné).

## **II. LES DISPOSITIFS AMACO**

### **II.1 Enseigner la matière plutôt que le matériau**

amàco propose cinq thématiques correspondant à des états de la matière autres que les caractéristiques de construction : matière en grains, matière liante, matière en fibres, matière molle, matière eau. Des matériaux tels que le bois, le béton, la terre ou la paille sont appréhendés à partir d'un même point de vue : les sciences de la matière. A partir de ce point de vue, on démontre qu'un béton, qui est un mélange de grains agglomérés par un liant, peut être à la fois le matériau conventionnel et connu de tous (graviers, sables et ciment) ou un béton naturel (graviers, sables, silts et argile). Cette approche a été choisie pour faciliter le transfert de connaissances d'une filière à une autre associant des techniques innovantes entre les différents matériaux de construction.

### **II.2 Développer des expériences contre-intuitives**

Pour clarifier la nature intrinsèque de la matière et ses propriétés physico-chimiques, amàco fonde sa pédagogie sur le développement d'expériences contre-intuitives qui ont été initiées par un programme nommé « Grains de Bâtisseurs » [Anger & Fontaine 2005]. L'expérience contre-intuitive est une expérience qui produit un résultat inverse à ce qui était attendu intuitivement ou dont l'interprétation va dans le sens contraire de ce que le bon sens voudrait prévoir [Eastes, 2004]. Le but de ces expériences est de perturber les conceptions et d'augmenter le désir d'apprendre en suscitant la curiosité de l'apprenant [Eastes, 2002]. Surprise et étonnement sont utilisés pour acquérir, sans connaissances physiques, mécaniques et chimiques avancées, une perception scientifique et technologique de la matière pour son utilisation dans les domaines de la construction. Pour développer ces expériences, amàco travaille avec des chercheurs en matériaux associés aux établissements partenaires du projet et échange avec de nombreux laboratoires spécialisés sur les matériaux en France et en Suisse.

### **II.3 Apprendre avec les sens**

Par le simple toucher et l'observation, les artisans bâtisseurs peuvent estimer si un matériau est prêt à être mis en œuvre et utilisable dans la construction. L'un des objectifs importants du projet amàco est d'intégrer ces informations « non théoriques » pour développer les intelligences multiples des apprenants, autrement

dit pour favoriser les apprentissages affectifs et/ou psychomoteurs [Berthiaume et Daele, 2013].

Grâce à des exercices sensoriels, les participants sont invités à découvrir comment leurs sens leur permettent d'obtenir des informations sur la matière. amàco propose notamment des exercices kinesthésiques où les participants, les yeux bandés, sont invités à se concentrer sur les sensations données par les autres sens : composition minérale, présence de matière organique, salinité, humidité, etc. Ces exercices tentent de rapprocher l'étudiant de la matière, afin de la rendre plus familière.

#### **II.4 Rendre l'invisible visible**

Si nos sens peuvent nous permettent de « voir le cœur de la matière », comme nous l'avons vu précédemment, il existe d'une part une variété de formes, de structures et de phénomènes physico-chimiques internes à la matière qui vont bien au delà de nos perceptions. D'autre part, les échelles de temps de certains processus chimiques et physiques sont trop courtes ou trop longues pour que les sens humains puissent les discerner. En changeant cette échelle de temps, il est possible d'observer des phénomènes inattendus et cachés qui régissent le comportement de la matière. amàco offre ainsi la possibilité d'aborder la matière à différentes échelles spatiales et temporelles et de rendre visible, l'invisible. À cette fin un certain nombre de dispositifs techniques sont mis à disposition par le projet : vidéos, time-lapses, lumières polarisées, prises de vue macro, etc.

#### **II.5 Utiliser l'esthétisme de la matière**

Pour promouvoir l'utilisation dans la construction de matériaux locaux, bruts ou peu transformés tels que la terre, la paille, le bois, la pierre, etc., les futurs professionnels sont amenés à considérer ces matériaux comme des solutions constructives viables. Toutefois, des matières premières telles que la terre ou la paille sont considérées comme sales, fragiles et parfois archaïques. amàco propose de modifier ce regard sur la matière première et d'en montrer ses potentialités esthétiques en utilisant une approche artistique. Il s'inspire d'œuvres d'artistes de renom qui travaillent avec des matériaux naturels. Ainsi, selon Antoni Tàpies (peintre catalan) « penser à de la paille ou du fumier peut être important de nos jours. Ils sont liés à la méditation autour de la matière première, l'essence de la nature, l'origine et la force de la vie... » [Tàpies 1970]. Pour Koichi Kurita, artiste japonais : « si les gens disent que la terre est sale, le pouvoir de l'art est de faire changer les gens d'avis sur la beauté de la terre » [Arlaud 2007]. Dans ce contexte, amàco établit des collaborations avec des artistes, comme par exemple le "Colectivo Terrón", qui développe des représentations théâtrales et des installations basées sur l'utilisation de la matière première, comme le sable, l'argile ou la terre. Ces spectacles et installations sont à destination du grand public, des jeunes enfants jusqu'aux adultes, scientifiques ou non.

### III. DE LA MATIÈRE A L'ARCHITECTURE

La matière est composée d'éléments de natures, de tailles et de formes diverses organisés ensemble selon des arrangements variés. Le verbe « construire », qui est lié à l'action de « combiner ensemble » (latin : *cumstruere*) peut alors être extrapolé à la matière. Finalement, l'architecture intègre ces principes de construction à plusieurs niveaux : au niveau de la matière (atomes, grains, plaquettes, etc.), au niveau du matériau de construction (terre, ciment, plâtre, etc.) et au niveau des éléments (structure, pleins et vides). La construction permet ainsi la connexion entre la microstructure et la structure [Anger, Doat, Durand, Fontaine, Houben, Ollagnon, Van Damme 2012]. C'est sur cette observation que s'établit le lien entre la compréhension intuitive de la matière et son application dans le domaine de la construction.

#### III.1 Apprendre en faisant

amàco utilise la compréhension intuitive de la matière première pour la transformer en matériaux de construction. Lors d'ateliers de créativité de transformation de la matière, amàco propose de réaliser des matériaux en respectant une ou plusieurs contraintes préétablies qui sont source d'inspiration et de « challenge », tout en gardant ouvertes, les possibilités de créativité. Par exemple, l'étudiant souhaitant concevoir un matériau contenant des fibres et un liant, a accès à un large éventail de matières premières et d'outils. Un soutien pratique est apporté par les encadrants sur les techniques de mises en œuvre. Les étudiants conçoivent ainsi leur propres recettes spécifiques et explorent eux-mêmes la résistance, la durabilité et l'aspect des matériaux.

#### III.2 Du matériau de construction à l'espace habité

Dans une dernière étape, amàco conçoit des exercices à grande échelle de mise en œuvre des matériaux de construction pour l'architecture. Le projet propose de s'inspirer de techniques de constructions vernaculaires et de les adapter à d'autres fonctions, d'autres besoins ou d'autres matériaux, destinés à des projets d'architecture contemporaine. Cette pratique permet entre autres, d'inclure à la conception du bâtiment les paramètres culturels et sociaux présents de manière inhérente dans l'héritage vernaculaire.

Prenons pour exemple l'exercice de la tour de sable [Anger 2011]. Les étudiants construisent une tour de sable de 3 m de hauteur dont les murs ne font que 4 cm d'épaisseur. Bien que le poids de la tour atteigne 400 kg, la tour tient debout. Pour éviter une déstabilisation dans la tour de sable, les étudiants insèrent des armatures horizontales (fibres tissées) à intervalles réguliers entre les couches de sable compacté, afin de limiter les contraintes horizontales qui pourraient causer l'effondrement de la tour. Or, des portions de la grande muraille de Chine ont été

construites suivant ce système de construction : superposition de couches de sable et de couches de roseaux.

#### **IV. BILAN ET PERSPECTIVES**

Depuis 2012, amàco a développé sa méthodologie pédagogique et testé ses formations au sein de ses établissements partenaires (INSA de Lyon, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, ESPCI ParisTech) mais aussi dans d'autres établissements français (Ecoles Nationales Supérieures d'Architecture de Lyon, Clermont-Ferrand, Saint-Etienne, Nantes, Strasbourg, Paris-Belleville, Lille, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ParisTech) et étrangers (Ecoles d'architecture de Stuttgart, Université de Lima (Pérou), Université de Linz en (Autriche)). Près de 3500 étudiants ont ainsi été formés.

Cette stratégie d'apprentissage a reçu de très bons retours de la part des étudiants et des enseignants (le dispositif d'évaluation, incluant des questionnaires d'évaluation auprès des formateurs et auprès des apprenants, est mis en place depuis six mois environ et les premières analyses sont en cours de consolidation). Il reste cependant difficile d'évaluer les effets sur le long terme dans la professionnalisation des participants, étant donné la jeunesse du projet. Néanmoins, l'équipe pédagogique travaille à l'amélioration continue de son offre de formation. amàco travaille notamment à adapter ses enseignements pour différents niveaux d'approfondissement, de la licence 1 au master 2.

L'un des défis auxquels le projet doit faire face, concerne la diffusion du projet à grande échelle et son rôle de démonstrateur. L'équipe constituée de sept chercheurs-formateurs, n'est pas en mesure de répondre en totalité aux demandes de collaborations en France et à l'étranger. Pour une plus grande diffusion et donc la réussite du projet, il s'agit aujourd'hui de développer ce type de transfert de contenus pédagogiques et ainsi l'offre de formation de formateurs.

Par ailleurs, amàco veille à maintenir ses liens avec les recherches les plus récentes sur les matériaux et l'architecture, afin que la construction du bâti à partir de matériaux bruts ou peu transformés puisse être considérée comme une solution viable et répondant pleinement aux enjeux de la construction durable.

#### **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient Denis Berthiaume pour son soutien et sa participation à l'écriture de cette communication.

**REFERENCES**

- Anger R. & Fontaine L. (2005). Grains de Bâisseurs, CRAterre éditions.
- Anger R. & Fontaine L. (2009). Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture, Belin.
- Anger R., Doat P., Durand M.A., Fontaine L., Houben H., Olagnon, C. & Van Damme H. (2012). « Colloque Matérialités contemporaines ». Grenoble, France : Les Grands Ateliers.
- Anger, R. (2011). « Approche granulaire et colloïdale du matériau terre pour la construction », Thèse de l'INSA Lyon (pp. 69 à 73).
- Arlaud S. (2007). « La bibliothèque de terres du Poitou-Charentes », L'actualité Poitou-Charentes n°75.
- Atelier Matières à construire, amàco (2011). Document de présentation en réponse à l'appel à projets IDEFI 2011.
- Berthiaume D. & Daele A. (2013). « Chapitre 4. Comment clarifier les apprentissages visés par un enseignement ? » dans Berthiaume D. et Rege Colet N. (Eds.). La pédagogie de l'enseignement supérieur : repères théoriques et applications pratiques. Tome 1 : Enseigner au supérieur. (pp. 55 à 71).
- Eastes R.-E. (2002). « De l'utilisation de l'expérience contre-intuitive ». Lettre des sciences chimiques n°78.
- Eastes R.-E. & Pellaud F. (2004). « Un outil pour apprendre, l'expérience contre-intuitive », Bulletin de l'union des physiciens.
- Tàpies A. (1970). « Rien n'est mesquin ». La pratique de l'art.
- Tardif J. (1992). Pour un enseignement stratégique. Montréal : Editions Logiques.
- Vygotsky L. S. (1978). Mind in society. Cambridge, MA : Harvard University Press.