

Enseigner la construction soutenable en terre à l'UGA

« projet IDEX Formation : e-CoLoS ! »

auteurs : collectif du projet IDEX Formation e-CoLoS !¹ Représenté par Dominique DAUDON¹, Florence JOUSSELLIN²,

¹ UFR PhITEM (230 Rue de la Physique, 38400 Saint-Martin-d'Hères, dominique.daudon@univ-grenoble-alpes.fr)

² IUT GCCD (151 rue de la Papeterie, Domaine universitaire, 38 402 Saint-Martin-D'Hères, dominique.daudon@univ-grenoble-alpes.fr)

...

RÉSUMÉ. La volonté de rénover l'ensemble des formations pour développer une pédagogie numérique, flexible, mettant l'étudiant dans une posture active même en dehors du présentiel, a conduit des enseignants de l'UGA et l'ENSAG à soumettre le projet e-CoLoS! (étudie les Constructions Locales Soutenables!) à l'IDEX Formation. Ce projet est conçu autour d'une instrumentation connectée, implantée dans la « Maison en Terre¹ », elle-même produit d'une collaboration entre les formations d'élèves architectes et techniciens du Génie Civil dans les années 80. L'idée principale est de développer une culture de la «soutenabilité» à travers l'instrumentation de petits bâtiments, dont les données, accessibles 24h/24, alimenteront des enseignements (en présentiel, ou non), ou des projets, voire la formation continue. Le projet fédère la filière Génie Civil de PhITEM, avec l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG), ainsi que l'IUT GCCD, deux IDEFI (ENEPS, et amàco2), et un EQUIPEX (Amiqua4home - ANR-11-EQPX-0002), et enfin, le Master international innovant «Building & Architectural Engineering» du Politecnico di Milano (campus de Lecco) et contribue à développer la diversité «low tech/high tech», ainsi qu'à valoriser le campus grenoblois, en rendant visible ce patrimoine universitaire, très confidentiel, mais néanmoins emblématique.

ABSTRACT. The desire to renew all the training courses to develop a flexible digital pedagogy, putting the student in an active posture even outside the classroom, led teachers from the UGA and ENSAG to submit the e-CoLoS project! (studies Sustainable Local Constructions!) at IDEX Formation. This project is designed around a connected instrumentation, located in the "Maison en Terre1", itself a issued of a collaboration between the training of student architects and technicians in Civil Engineering in the 1980s. The main idea is to develop a culture of "sustainability" through the instrumentation of small BBC buildings, whose data, accessible 24 hours a day, will feed into teaching (in person, or not), or projects, or even continuing education. The project brings together PhITEM's Civil Engineering department, with the Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG), as well as the IUT GCCD, two IDEFIs (ENEPS, and amàco2), and an EQUIPEX (Amiqua4home - ANR-11-EQPX-0002), and finally, the innovative international Master's degree "Building & Architectural Engineering" from Politecnico di Milano (Lecco campus). It will contribute to develop "low tech/high tech" construction diversity, as well as enhancing the value of the Grenoble campus, by making this highly confidential, but nevertheless emblematic, university heritage visible.

MOTS-CLÉS : construction soutenable, maison en terre, pédagogie , instrumentation , .

KEY WORDS: sustainable construction, earth construction, pedagogy, instrumentation.

¹Dominique DAUDON, Florence JOUSSELLIN, Jean-Martial COHARD, Yannick SIEFFERT, Laurent OXARANGO (UGA), Thierry JOFFROY, Bakonirina RAKOTOMAMONY, Philippe GARNIER (ENSAG), Stan BORKOWSKI, Nicolas BONNEFOND, Rémi PINCENT (Amiqua4home), Pierre BILLET, Emmanuel GODDE, Philippe GUEGUEN, Gilles DEBIZET, Thomas JAY-ALLEMAND, Gérald HIVIN, Marco IMPERADORI, Graziano SALVALAI, Gabriele MASERA, Giovanni DOTELLI, Francesco CALVETTI (Polimi), Laetitia FONTAINE, Frédéric BATTOIS, Olivier BERARD(DGD-APAL-UGA), Gilles ESCALA, Nadège MASNADA(CAESUG).

1. Introduction

Introduire la soutenabilité, le développement durable et le réemploi en formation dans le Génie Civil de l'UGA et en l'architecture est incontournable [SIE 2014]. Redécouvrir la construction en terre dans ce cadre est un sujet privilégié : en effet, ce type de construction est présent dans la région de manière historique (pisé, bauge...); il permet également d'aborder les techniques de maçonnerie, alternative au béton, qui sont enseignées d'une part au travers de l'activité de formation de l'école d'architecture de Grenoble, du laboratoire CRAterre² et le réseau Chaire Unesco, et d'autre part de l'IDEFI amàco³, créés pour développer ces thématiques.

Presque tous les types d'argile minérale terrestre peuvent être utilisés dans les constructions, à toutes les étapes de son utilisation: ce matériau nécessite très peu d'énergie grise car disponible localement, il n'exige aucun transport, aucun traitement coûteux en énergie [HOU, 2006, BIN 2005]. L'entretien et les réparations sont faciles. En fin de vie, le bâtiment peut être déconstruit et la terre réutilisée. Son empreinte écologique proche de zéro représente un énorme avantage par rapport à l'enjeu de réduction des consommations énergétiques [SHU 2009, WAF 2010]. Dans un scénario où les ressources naturelles sont limitées, les constructions en terre sont un scénario intéressant également dans les pays d'Amérique du Nord et d'Europe [CHE, 2009]. Le problème pour l'avenir est alors d'étudier ce type de construction dans le contexte contemporain, en fonction des besoins de confort, d'esthétique, et en bénéficiant au mieux de l'expérience millénaire existant dans le monde entier.

2. Enseignement de la construction en terre en formation initiale à l'UGA

La demande pédagogique en conception de bâtiments durables est de plus en plus forte, et les techniques et matériaux à haute valeur ajoutée sont largement enseignés (béton, métal, bois, labels HQE, BBC, analyse de cycle de vie, énergétique ...). Ainsi, se sont également développées les initiatives d'approches de la construction en terre dans les formations de « techniciens »⁴du Génie Civil (Fig.1 et Fig.2).



Figure 1. Test Carazas-ENEPS, B) Test mur adobe-M1GC, C) Maison en terre et palette-M2GC.



Figure 2. Test Carazas-ENEPS, B) Test mur adobe-M1GC, C) Maison en terre et palette-M2GC.

3. La « maison en Terre» et le projet e-CoLoS ! (étude les constructions soutenables!)

La Maison en Terre du campus a été construite lors de l'année des Sans Abris en décembre 1986, à travers un projet pédagogique comprenant l'école d'architecture de Grenoble, l'AFPA (Association nationale pour la formation professionnelle des adultes de Saint Priest), et l'IUT Génie Civil (Fig. 3). Le gros œuvre a été réalisé en 3 fois 8h soit 24h [BEL 1986, MOR 1987] Destinée à être un démonstrateur, elle a finalement été complétée en 1988 par une toile protectrice, des ouvertures, et l'implantation du réseau électrique. Plusieurs services universitaires s'y sont succédés, et en 2017 le CAESUG (Comité d'Action Sociale des Universités de Grenoble) s'est installé (Fig. 4).

Sensibles à dynamiser les enseignements par les pédagogies numériques et pédagogies par projets, les équipes impliquées dans e-CoLoS ! ont déjà été régulièrement à l'initiative de diverses actions innovantes . Le succès des projets étudiants « Diagnostic Maison en Terre »[BAU 2016, CHA 2015,QUA 2017] à conduit la proposition d'équiper la Maison en terre de capteurs (températures, humidité, particule, consommation électrique...Fig.5) pour permettre l'acquisition et l'utilisation en temps réel pendant les enseignements.

²<http://craterre.org/>; ³ <http://www.amaco.org/>; ⁴ : DUT , Licences Pro, Master et Doctorat, en Génie Civil de l'UGA.



Figure 3. Fin de construction Maison 24h sur le Campus (décembre 1986)



Figure 4. Face Est Maison en Terre du Campus (2016).

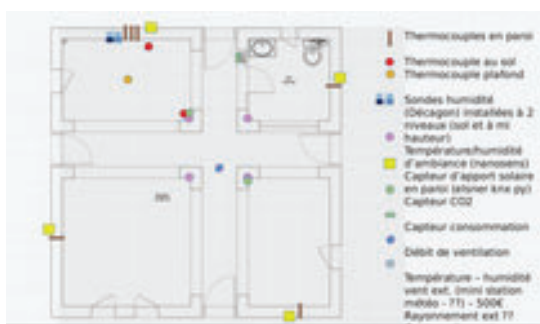


Figure 5. Capteurs prévus dans la maison en terre et disposition

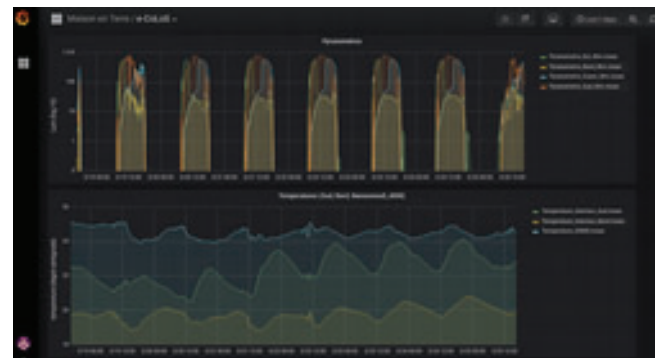


Figure 6. mesures des luminosités et températures intérieures.

Le caractère innovant et stratégique du projet est à la fois pédagogique et technique via :

- Un Web-accès de données pédagogiques calées sur des fonctionnements réels
- Une caractérisation énergétique, environnementale et mécanique des cultures constructives vernaculaires,
- Le balayage d'un spectre large de « compétences numériques ou métiers », au travers des formations GC (logiciels Pléiades, Revit, Robot, analyse de données....) ou de mécanique (3DEC [DAU 2014])
- La valorisation d'un bâtiment original du campus grenoblois.
- Construire une culture de la soutenabilité diversifiée, et internationale : Pour ce faire, un réseau franco-italiens de petit bâtiments instrumentés, est proposé dans le projet e-CoLoS ! A travers : la salle BBC de l'IUT GCCD de Grenoble, ainsi que le VeluxLab du politecnico Milano [IMP 2013] et le service des sports du campus décentré de LECCO, conçu et construit par les étudiants du MSc in Building and Architectural Engineering.

4. Conclusion

La volonté d'enseigner la soutenabilité des constructions et la démonstration d'un besoin collaboratif pour ce faire, existe sur le campus grenoblois depuis plusieurs décennies (la construction en 24h de la Maison en Terre date de 1986). C'est sous forme de projets que cet enseignement de la construction en terre a été principalement abordé jusqu'à présent. Cependant, cette forme pédagogique ne concerne souvent qu'une petite proportion d'étudiants, alors que l'ensemble des promotions reçoit des notions plus industrialisées, telles que : label HQE, BBC, construction bioclimatique.... A travers le projet e-CoLoS ! qui comprend un volet conséquent sur l'instrumentation, les formations d'architectes et d'ingénierie, partenaires du projet, se dotent d'un nouvel outil pédagogique, connecté, avec une occupation réelle du bâtiment. L'élaboration d'un Coursus Etudiant avec une culture constructive diversifiée, est une garantie de choix optimal pour les futures constructions.

5. Remerciement

Remerciement à tous les étudiants qui par leur travail ont contribué à l'existence du projet e-CoLoS !.

6. Bibliographie

[BAU 2016] Baudy B., Deschamps A., Gardiner R., Héquet T. PFE « Maison en terre 24h », Projet de fin d'étude, IUT GCCD, juin 2016.

[BEL 1986] Bellaton P. Une terre dont on fait les maisons. Dauphiné Libéré -24 nov 1986.

[BIN 2005] Binici H., Aksogan O., Shah T. Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. *Construction and Building Materials*, n°19, p.313-318.

[BOU 2016] Bourdier Q., Plan E., Souyeux T. Devun J. Diagnostique thermique de la maison en Terre – Projet pluridisciplinaire de M1 GCI-, mai 2016, Univ.Grenoble Alpes.

[CHA 2015] Chassegras S. rapport de stage à la DGD-APAL « outils d'analyses des consommations énergétiques »- annexe mesures à la Maison en Terre- DGD-APAL.

[CHE 2009] Chel, A. and Tiwari G.N., Thermal performance and embodied energy analysis of a passive house - *Applied Energy*, 86: 1956-1969.

[DAU 2014] Daudon, D., Sieffert, Y., Albarracín O., Garino Libardi L., Navarta, G. Adobe Construction Modeling by Discrete Element Method: First Methodological Steps, *Procedia Economics and Finance*, Volume 18, pp. 247-254.

[HOU 2006] Houben, H Guillaud, H., CRAterre, Traité de construction en terre, éditions Parenthèses, Marseille.

[IMP 2013] Imperadori M., Brambilla, A. Velux-Lab: innovation between art and science: Measuring the non-Measurable, in *Future Urban Intensities*, Tokyo, Giappone, 2013

[MOR 1987] Morin Y. Pari Gagné à Grenoble : une maison en terre construite en 24h – in *Les affiches de grenoble et du Dauphiné* ; 16 janvier 1987 .

[QUA 2017] Quay-Thevenon R., Piazzolla S., Volle B., Vyaravanh-Girard A. Diagnostic mécanique de la maison en Terre – Projet pluridisciplinaire de M1 GCI-, mai 2017, Univ. Grenoble Alpes.

[SHU 2009] Shukla, A., Tiwari, G.N. and Sodha, M.S. Embodied energy analysis of adobe house. *Renewable Energy*. n°34, p.755-761.

[SIE 2016] Sieffert Y., Vieux-Champagne F., Daudon D., Garnier P., Huygen J.-M., Moles O., Belinga Nko'o C., Grange S., Daudeville L. (2016). How the scientific collaboration of engineers and architects on local building cultures can make a vital breakthrough: 10 years of works in Grenoble to support people affected by disasters and make communities resilient ; in *Terra 2016-Lyon*.

[SIE 2014] Sieffert, Y. Huygen J.M., Daudon D. Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering–architecture collaboration. *Journal of Cleaner Production*. Volume 67, 15 March 2014, Pages 125-138.

[WAF 2010] Wafer R.F. . Mémoire de Master Centre universitaire de formation en environnement Sherbrooke, Québec, Canada, Octobre 2010.