

Structures légères pour l'architecture : 20 ans de recherches et d'innovations

À la pointe de la recherche en structures légères, l'équipe SLA, à l'école nationale supérieure d'architecture de Montpellier, réunit universitaires, ingénieurs, architectes, praticiens et doctorants autour de travaux de portée internationale, conduits souvent en partenariat avec l'industrie. Nicolas Pauli, directeur du SLA, décrypte ici les « conditions » de l'innovation au SLA.

NICOLAS PAULI

Professeur des écoles d'architecture, équipe de recherche « SLA - Structures légères pour l'architecture » école nationale supérieure d'architecture de Montpellier

www.montpellier.archi.fr/rub-equipe-sla-75-fr.html

Parler d'innovation en architecture dans ses rapports à la technique alimente un éternel débat : celui qui confronte les investigations d'avant-garde et la mise en œuvre pragmatique de concepts préalablement explorés. Les travaux de l'équipe « Structures légères pour l'architecture » (SLA), tentent de concilier ces deux pôles, l'un conceptuel, l'autre technologique, en s'appuyant sur des fondements scientifiques solides.

S'il est clair que les méthodes et le processus de travail sont au cœur des productions tangibles d'une recherche innovante en architecture, l'organisation des moyens de la recherche et le tissu institutionnel et scientifique dans lequel elle s'inscrit en constituent les soubassements.

Organisation

Une des originalités de la recherche en architecture est de développer des études à la marge de certaines disciplines universitaires traditionnelles et de les synthétiser dans une approche que l'on peut qualifier de « polytechnique ».

L'équipe SLA a bâti son action sur le thème de la morphologie structurale (la forme dans sa relation à la structure) ; cette « matière » se situe à la lisière de l'architecture, de la mécanique, de la technologie et des matériaux, et constitue ainsi une sphère d'intervention privilégiée où l'approche multiculturelle peut conduire à l'innovation et à des concepts originaux¹.

Dès ses premières études en 1986, l'équipe s'est appuyée sur des compétences scientifiques reconnues en établissant un partenariat étroit avec le Laboratoire de mécanique et génie civil (LMGC) de l'université Montpellier 2. Faisant le pari de la mixité architecte/ingénieur, elle a toujours tenté de réunir, autour de thématiques communes, des enseignants-chercheurs universitaires, des enseignants-chercheurs architectes/ingénieurs, des praticiens (pour la plupart docteurs), des industriels et des doctorants. Le SLA a ainsi pu développer les aspects à la fois théoriques et technologiques de ses thèmes de recherche.

Inscrite dans le contexte très actuel d'une recherche internationale dénommée *free-form*, l'équipe du SLA est clairement identifiée dans sa communauté scientifique, et conforte sa présence en siégeant aux instances d'organisations telles que l'International Association for Shells and Space Structures.

Un autre élément important du dispositif sur lequel s'appuie le SLA est l'appartenance à l'école doctorale 166 « Information Structures Systèmes » (I2S) de l'université Montpellier 2, qui permet l'inscription des étudiants architectes en doctorat. Six thèses d'étudiants architectes ont été soutenues à ce jour.

Par ailleurs, le SLA bénéficie du réseau des Grands Ateliers², dont l'école nationale supérieure d'architecture de Montpellier est membre ; au-delà de la pédagogie qui peut y être menée, ce lieu est propice au développement de prototypage.

Enfin, les partenariats industriels qu'entretient le SLA accompagnent ou motivent de nombreux sujets et travaux.

Méthodes et processus de productions scientifiques

Si le chemin qui mène à l'innovation n'est pas « balisé » et qu'il appartient au chercheur de le découvrir, de le défricher puis de le parcourir, certaines étapes jalons se sont reproduites dans les différents thèmes développés au SLA. Cela tient-il aux méthodes de productions scientifiques qu'adopte le SLA, qui sont celles de la communauté scientifique à laquelle il se rattache ? Nous en proposons ici les hypothèses.

Fondements conceptuels : une innovation invisible

Force est de reconnaître qu'il n'y a pas d'innovation sans recherche fondamentale préalable, sans existence de concepts maîtrisés, qui tout en s'inscrivant dans un environnement scientifique contemporain, en constitue l'origine même. Cette phase, souvent peu visible du grand public mais reconnue des spécialistes, revêt des formes multiples.

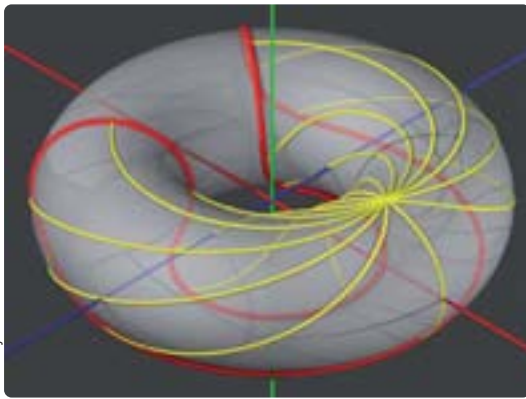
Ce peut être une nouvelle façon d'appréhender une problématique, de la reformuler, de l'explicitier, pour l'approfondir et la développer. C'est ce qu'a proposé Alain Marty dans son travail sur les formes pascaliennes³, notamment en revisitant l'algorithme de Casteljaou. Cette production est le fondement de la thématique du SLA sur les enveloppes à formes complexes.

Ce peut être aussi la théorisation d'un concept existant, une compréhension fine et la rationalisation d'une production extraite d'un autre domaine, comme ce fut

1. R. Motro et N. Pauli, *SLA Structures légères pour l'architecture. Travaux 2006-2007*. Montpellier, Éditions de l'Espérou, 2008. Voir aussi les rapports d'activités du SLA depuis 1989.

2. www.lesgrandsateliers.fr

3. Synthétisée dans : A. Marty, *Formes pascaliennes, un essai sur les formes gauches*, Montpellier, Éditions de l'Espérou, 2004.



Alain Marty



Cl. N. Pauli

le cas pour les systèmes de tenségrité⁴. Fasciné par la beauté mécanique d'une sculpture de Kenneth Snelson, René Motro en fit son thème de recherche central, qu'il approfondit depuis 30 ans⁵. Ses premiers travaux ont consisté à élaborer des méthodes scientifiques pour déterminer les géométries complexes de ces constructions, donnant ainsi corps à sa thèse d'Etat.

Ce peut être enfin les avancées scientifiques en prolongement de théories existantes, orientées selon un axe spécifique, à l'image des développements de méthodes novatrices de recherche de forme des enveloppes textiles⁶.

Développements : l'innovation en devenir

Fort de ces apports fondamentaux et d'une expertise d'équipe, le chercheur se voit alors proposer un ensemble de directions de développement. Cette richesse d'ouverture et de regards croisés constitue l'originalité même de la recherche en architecture. Si l'innovation n'en constitue pas nécessairement la prime motivation, elle est toutefois sous-jacente et conditionne certaines orientations.

Ainsi, une première direction peut être de densifier les savoirs fondamentaux dans un axe spécifique : citons par exemple les prolongements de la théorie des formes pascaliennes⁷ pour lesquels l'innovation réside dans la mise au point de méthodes et d'outils alternatifs à ceux actuellement existants dans cette discipline.

Une direction connexe est l'enrichissement théorique des propositions fondamentales au filtre de cultures croisées, qui dans notre spécialité technique transcende le formalisme mécanique en une morphologie structurale à orientation architecturale. Ainsi en va-t-il du concept de grilles de tenségrité souple⁸ et de leur pliability⁹.

Les expérimentations constituent un autre axe de développement. Certaines d'entre elles permettent de valider des concepts scientifiques, tels le prototype de grille de tenségrité de 100 m² réalisé en 2001 ou encore la première réalisation à l'échelle 1 exploitant le concept de forme pascaliennne faite aux Grands Ateliers. Dans d'autres situations, elles permettent de confirmer des intuitions, de confronter une proposition à la réalité de sa mise en œuvre physique, de mieux comprendre les complexités et d'orienter les recherches futures. Dans cet esprit furent réalisés aux Grands Ateliers un prototype de grille

souple de tenségrité et les expérimentations sur les structures gonflables stabilisées par diaphragme¹⁰.

Technologie : l'innovation visible

Dans l'hypothèse où l'on considère l'innovation achevée dès lors qu'elle est exploitée dans le domaine de l'architecture ou de la construction, l'ultime étape, une fois les fondements et les développements scientifiques réalisés, réside en la mise en place des technologies qui rendront réalisables les propositions théoriques. Ceci semble passer par la mise en place de partenariat avec l'industrie, qui par ses moyens de R&D et de production peut apporter la contribution exécutive et pragmatique nécessaire à une réalisation tangible.

On citera pour exemple l'application du concept d'arches surpressées au confortement d'édifices gonflables¹¹, la réalisation de deux *grid-shells* couverts sur le site de l'ENPC¹² et le projet en cours d'étude de la première grille de tenségrité souple en Suisse¹³.

Rendre visible l'innovation passe par une politique de diffusion scientifique et d'information : brevets, articles, livres, rapports, et parfois mise à disposition d'outils logiciels conçus par les chercheurs et leurs partenaires. Par exemple, citons les processus de recherche de forme de textiles architecturaux sous forme gratuite pour SketchUp, avec le partenariat de Ferrari, ou le socle logiciel des formes pascaliennes qui est disponible en *copyleft* pour en permettre la diffusion et accélérer les échanges scientifiques.

Cette synthèse qui tente de donner un éclairage sur des chemins de l'innovation en architecture ne doit pas occulter certaines difficultés que toutes les équipes de chercheurs rencontrent. Si la recherche s'établit dans la durée, elle se construit souvent avec le concours de jeunes docteurs, dont on peut déplorer aujourd'hui qu'ils soient trop peu nombreux. Un des enjeux des réformes en cours dans l'enseignement de l'architecture est sans doute de susciter une plus grande motivation des étudiants pour les parcours de recherche. Gageons que du fait des mentalités, des contraintes réglementaires et environnementales, des impératifs de durabilité, l'innovation dans le bâtiment représentera toujours un challenge très fort que les chercheurs devront surmonter avec énergie. ■

Formes pascaliennes.

Voir aussi :

http://amartyfree.free.fr/pF_epsilon/

Édifice gonflable pour dirigeable avec arches surpressées intérieures permettant l'ouverture sans affaissement (Ets AirStar).

4. La tenségrité (contraction de *tensile integrity*) caractérise la faculté d'une structure à se stabiliser par le jeu des forces de tension et de compression qui s'y répartissent et s'y équilibrent.

5. R. Motro, *Tensegrity : Structural systems for the future*, Éditions Butterworth-Heinemann, 2005.

6. B. Maurin, *Morphogénèse des membranes textiles architecturales*, thèse de doctorat, univ. Montpellier 2, LMGC, 1998.

7. M. Bagneris, *Contribution à la conception et à la réalisation des morphologies non-standard, les formes comme outil*, thèse de doctorat, univ. Montpellier 2, LMGC, 2009, Bourse Cifre.

8. V. Raducanu, *Architecture et système constructif : cas des systèmes de tenségrité*, thèse de doctorat, univ. Montpellier 2, LMGC, 2001, SLA laboratoire d'accueil.

9. A. Smaili, *Systèmes légers pliables dépliés : cas des systèmes de tenségrité*, thèse de doctorat, univ. Montpellier 2, LMGC, 2004, SLA laboratoire d'accueil.

10. J. Bovis, *Analyse expérimentale d'arche pneumatique à diaphragme*, rapport de master, ensa Montpellier, équipe SLA, 2006, SLA laboratoire d'accueil.

11. Travaux réalisés avec le concours de l'équipe de C. Wielgosz du GEM de l'université de Nantes.

12. www.enpc.fr/fr/enpc/ecole_mouvement/pdf/lettre_lami.pdf

13. Collaboration Blue Office Architecture (Suisse) / SLA / bureau d'étude technique Abaca (France).