

## **Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques**

**Auteur** : Stylianidis, Eleftherios

**Promoteur(s)** : Attia, Shady; Elsen, Catherine

**Faculté** : Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme** : Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine

**Année académique** : 2017-2018

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/4644>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# **Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques**

Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de  
master en Ingénieur Civil Architecte par Eleftherios Stylianidis

Promoteur : Shady Attia  
Co-promoteur : Catherine Elsen  
Jury : Stephan Hoornaert  
Sigrid Reiter  
Jacqueline Somma  
Président du jury : Pierre Leclercq

# Résumé

Ce mémoire de fin d'études a pour objectif premier de mettre en lumière l'intérêt de l'approche biomimétique en conception architecturale. Cette dernière s'inscrit dans un contexte de recherche actuel qui vise à trouver des solutions innovantes à la problématique du développement durable dans le secteur du bâtiment.

Plus précisément, ce travail s'intéresse à la première couche d'un projet architectural : la façade. Il s'agira de mettre en place un outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques.

La réflexion porte sur l'analyse des avantages, en termes de performances, que l'inspiration de la nature peut apporter aux différents projets. Les divers points forts sont traduits en critères qui sont comparés au fonctionnement biologique de la peau humaine afin de comprendre l'analogie peau-façade réalisée dans la littérature appuyant la réflexion.

En pratique, la méthodologie mise en place repose sur l'analyse de cas concrets (réalisations d'enveloppes biomimétiques) et sur des entretiens.

Le projet de recherche se base premièrement sur l'étude approfondie de six projets de façades biomimétiques réalisés, projets à grande échelle ou prototypes. L'analyse de leurs divers avantages performantiels permet la mise en exergue de critères inhérents à la conception de telles enveloppes. Ces premiers critères sont comparés à des critères ou cibles retrouvés dans des standards et autres normes afin d'appuyer leur pertinence. Ensuite, un premier outil d'aide à la conception est mis en place grâce à ces diverses données.

Dans une deuxième partie, des entretiens sont réalisés. Il s'agit de présenter l'outil à des experts concepteurs sensibilisés à la problématique du développement durable dans le but d'avoir un retour constructif avant sa mise au point. Il leur est également demandé de quantifier, sur une échelle allant de 1 à 5, les différents critères sélectionnés.

Les résultats montrent qu'il peut s'avérer pertinent de travailler des façades biomimétiques au vu des avantages que ces dernières présentent, selon la littérature, par rapport à des projets réalisés de manière « traditionnelle ». Le problème réside néanmoins dans la mise en œuvre d'un outil de ce type. En effet, les critères sont trop souvent soumis à la subjectivité de la personne et les projets peuvent s'avérer être très différents (climat, besoins), compliquant ainsi l'instauration d'une solution globale.

# Abstract

The aim of this thesis is to highlight the interest of the biomimetic approach in architectural design. The latter is part of a current research context that aims to find innovative solutions in sustainable development in the building sector.

More precisely, this work focuses on the first layer of an architectural project: the facade. The aim is to setting up a decision support tool for the design of biomimetic facades.

Consideration is given on the analysis of benefits, in terms of performance, that the inspiration of nature can bring to different projects. The various strengths are translated into criteria that are compared to the biological functioning of human skin in order to understand the skin-facade analogy made in the literature.

In practice, the methodology established consists on the analysis of concrete cases (realizations of biomimetic envelopes) and on interviews.

The research project is based firstly on the in-depth review of six biomimetic facades (large-scale projects or prototypes). The analysis of their various performance advantages allows the highlighting of criteria inherent to the design of such envelopes. These first criteria are compared to criteria or targets found in standards in order to support their relevance. Then, a first support tool for the design is put in place thanks to these various data.

Secondly interviews are conducted. The aim is to introduce the tool to designers experts sensitized to the issue of sustainable development in order to have a constructive return before its development. They are also asked to quantify, on a scale of 1 to 5, the different criteria selected.

The results, according to the literature, show that it may be relevant to work with biomimetic facades in view of the advantages that they present compared to projects carried out in a "traditional" way. However, the problem lies in the implementation of such a tool. Indeed, the criteria are too often subject to the subjectivity of the person and the projects analyse can be very different (climate, needs) a global solution. That's why it seems complicate to find a global solution.

## Première proposition de critères

- Matériaux biosourcés : Cycle de vie, énergie grise consommée  
La peau est un élément naturel et biologique.
- Protection/couverture : Pourcentage d'ouverture, protection contre la chaleur (rayons solaires)  
La peau permet de protéger les organes intérieurs et a un rôle de protection mécanique
- Performance/énergie sauvée : Pourcentage d'énergie sauvée  
La peau récolte de l'énergie
- Respiration/perméabilité : Taux d'air renouvelé, qualité de l'air à l'intérieur  
La peau, dans un sens, respire et transpire.
- Régulation de la chaleur/isolation : Performance des parois, taux d'isolation, capacité à capter/rejeter de la chaleur  
La peau a un rôle de thermorégulation permettant d'avoir un équilibre thermique à l'intérieur du corps
- Luminosité/confort visuel : Pourcentage de lumière artificielle sauvée, Taux d'ouverture  
Ce critère s'écarte quelque peu de l'analyse pure de la peau, mais son importance est vitale. En effet, la lumière naturelle est primordiale pour l'être humain.
- Régénération/maintenance : Facilité de maintenance du bâtiment, coût de la maintenance  
La peau s'auto-répare, se cicatrise.

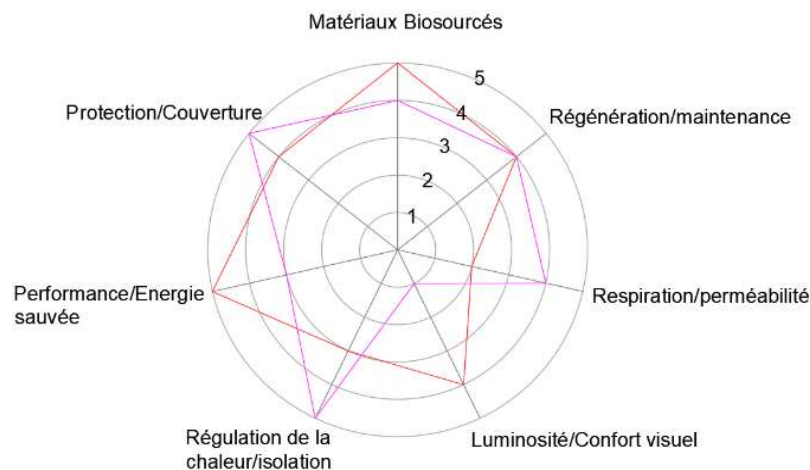


Figure 1 : Outil de base mis en oeuvre (traits colorés fictifs)

## Proposition de critères post-enquête

- **Matériaux** : Analyse du cycle de vie
- **Régénération/maintenance** : Coût de la maintenance par rapport au prix du bâtiment (%)
- **Respiration/perméabilité** : Taux de satisfaction des occupants en terme de ventilation, confort intérieur
- **Luminosité/confort visuel** : Confort visuel selon Well
- **Performance/énergie sauvée** : Fonction de la réglementation PEB
- **Protection/couverture** : Présence et adaptabilité de protections solaires
- **Adaptabilité** : Taux de réponse d'une façade aux conditions extérieures (automatique ou manuelle)
- **Acoustique** : Confort acoustique selon HQE par exemple.

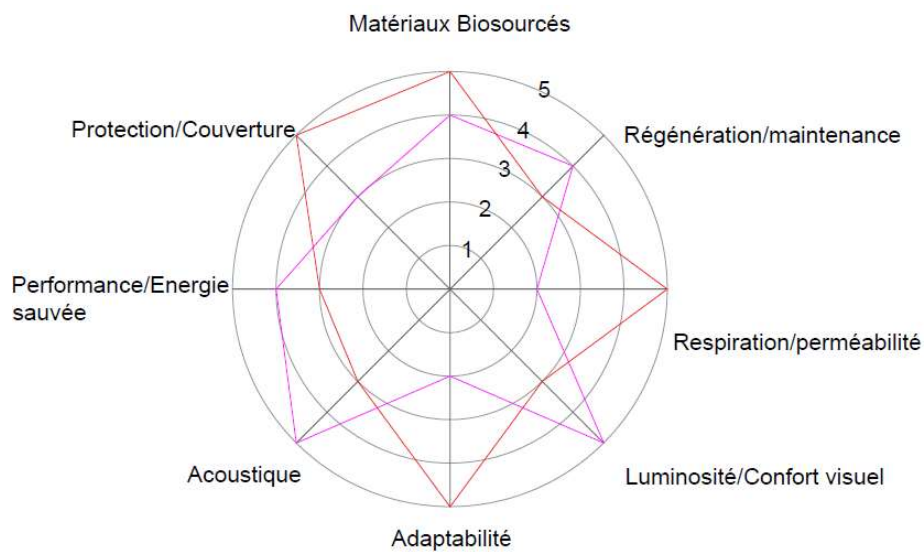


Figure 2 : Proposition post-enquête de l'outil

Résumé TFF Eleftherios Stylianidis 2018

	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
<b>Nom</b>	Council House 2 (CH2)	Water Cube	Esplanade Theater	Biofaçade PBR	One Ocean Pavillon	HygroSkin
<b>Architecte(s)</b>	- Mick Pearce - DesingInc	- PTW Arch. - Chriss Boss - Arup - CCDL	- DP Architects - Michael Wilford & Partners - Atelier One	- X-TU Architects - GEPEA Nantes	- SOMA Lima	- Achim Menges - Oliver David Krieg - Steffen Reichert
<b>Inauguration</b>	2006	2007	2002	2013	2012	2013
<b>Localisation</b>	Melbourne, Australie	Pékin, Chine	Singapour, Singapour	Champs-sur-Marne, France	Yeosu-si, Jeollanam-do, Corée du Sud	Orléans-la-Source, France
<b>Climat local</b>	Subtropical océanique : Été chaud et sec – hivers doux et humide	Continental mousson : Été chaud humide – hiver froid et sec	Équatorial : Chaud et humide – Pluvieux toute l'année	Climat océanique « dégradé » : été chaud et sec – hiver doux et humide	Océanique : été doux avec un temps variable et hiver frais et humide	Climat océanique « dégradé » : été chaud et sec – hiver doux et humide
<b>Fonction</b>	Bureaux	Centre aquatique	Théâtre	Panneaux Façade (Bâtiment CSTB)	Expositions	Pavillon d'exposition
<b>Superficie</b>	12,536m <sup>2</sup>	65000-80000m <sup>2</sup>	75190m <sup>2</sup>	200m <sup>2</sup> de façade	6900m <sup>2</sup>	17m <sup>2</sup>
<b>Approche biomimétique</b>	Design to biology	Design to biology	Design to biology	Biology to design	Design to Biology	Biology to Design
<b>Inspiration de la façade</b>	Arbre	Bulle d'eau	Fruit de Durian	Micro algues	Oiseau de Paradis	Cône du conifère
<b>Niveau de biomimétisme</b>	Organisme Comportement	Organisme	Organisme Comportement	Organisme, Comportement	Organisme, comportement	Comportement
<b>Objectif</b>	- Lier le bâtiment avec son environnement - Durable - Efficacité énergétique - Utilisation des ressources naturelles	- Efficacité énergétique - Isolation (effet de serre) - Optimiser lumière naturelle	- Culturel - Optimiser vues et lumière naturelle - Protection solaires - Efficacité énergétique	- Enveloppe active - Échanges thermiques entre le bâtiment et la biofaçade - Viabilité de l'industrialisation des panneaux de façades - Tests en conditions réelles	- Chorégraphie en façade - Optimiser la lumière naturelle et les vues - Protection solaires - Optimiser la ventilation naturelle	- Recherches biomimétiques sérieuses - Travail paramétrique - Assemblage robotisé - Travail de matériau répondant aux stimuli sans moteurs
<b>Matériaux de façade</b>	Recyclable - Bois - Béton - Acier	Recyclable - ETFE (ethyl tetrafluoroethylene) - Acier	Recyclable - Aluminium - Acier - Verre isolant	Recyclable - Verre - Culture de micro algues (fine lame d'eau + micro algues)	Recyclable - Fibre de verre - Verre	Recyclable - Bois contreplaqué
<b>Performances énergétiques dû à la façade</b>	- Air filtré 100% - Éclairage naturel sauvé à 65% - Ventilation sauvée à 60%	- Besoins d'énergie réduit de 30% - Éclairage naturel sauvé à 55% - Couverture en ETFE = Couverture en panneaux photo	- Besoins d'énergie réduit de 30% - Éclairage naturel sauvé à 55% - Diminution des besoins de ventilation	- Double peau maintenue en moyenne à 25°C - Ventilation naturelle assistée contrôlée - Diminutions de la consommation d'énergie de 50% (Base FR : RT 2012)	- Panneaux photovoltaïques couvrent 66% des besoins du bâtiment - Diminution des besoins de ventilation - Béton à forte inertie thermique	- Aucune énergie consommée par des capteurs/moteurs - Autorégulation des besoins internes en chauffage, ventilation et éclairage naturel - Autorégulation fonction de l'humidité relative
<b>Façade Adaptative/Non adaptative</b>	Non adaptative	Non adaptative	Adaptative	Adaptative	Adaptative	Adaptative

Tableau 1 : Tableau synthétique des six cas étudiés