

DESIGN ET BIOMIMÉTISME : QUEL RÔLE POUR LE DESIGNER ?

Anneline Letard^{1,2}, Nicolas Maranzana¹, Kalina Raskin², Améziane Aoussat¹

¹Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire Conception de Produits et Innovation
151 Bd de l'Hôpital, 75013 Paris, France

²CEEBIOS – Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis
62 rue du Faubourg Saint-Martin, 60300 Senlis, France

Résumé : L'article présente l'avancée de l'état de l'art sur les apports mutuels du biomimétisme et du design et la convergence de ces deux approches pour la résolution de problèmes complexes. Cette première analyse questionne le rôle et les compétences du designer de formation artistique dans la facilitation du biomimétisme appliqué aux problèmes multicritères et pluri-partenariaux.

Mots clés : Biomimétisme, Design, Méthode de conception, Créativité

1 INTRODUCTION

Avec près de 8,7 millions d'espèces estimées [1], la biodiversité représente plus de 3.8 milliards d'années de Recherche & Développement. Chaque espèce observable aujourd'hui a subi un processus de sélection naturelle par essais et erreurs, retenant ainsi les solutions et systèmes les plus adaptés à leur environnement. S'inspirer du vivant est une démarche d'innovation qui connaît un intérêt croissant dans le domaine de la conception [2] [3] [4].

Cette approche est ancienne comme en témoignent des références historiques (Fig 1.) :

- L'invention de l'ornithoptère par Léonard de Vinci au XV^{ème} siècle [5]
- Les recherches du professeur américain Otto Schmitt, inventeur du terme « *biomimetics* » [2]
- Les travaux de George de Mestral inventeur du Velcro [3]
- Les propositions de l'architecte Frei Otto pour l'architecture biomimétique [6]



Fig 1. Dessin de Léonard de Vinci - Galerie Léonard de Vinci - Musée des sciences & technologies Léonard de Vinci de Milan – Italie (Gauche), Le Velcro inspiré par la dispersion par zoochorie de la Bardanne, Kalyan Varma (milieu), Olympic Stadium, Frei Otto, 1972, Timothy Brown (droite)

L'essor considérable des connaissances en biologie à toutes les échelles – depuis l'intimité cellulaire jusqu'aux écosystèmes planétaires – associé aux progrès technologiques contribue à un accroissement significatif de l'intérêt autour du biomimétisme ces 15 dernières années [2], [7]. Ces développements techniques et scientifiques s'inscrivent en outre dans un contexte de prise de conscience mondiale des enjeux environnementaux et sociétaux qui impose aux

décideurs, aux scientifiques et aux industriels de rechercher des stratégies d'innovations responsables.

Dans cet article, les apports mutuels du design et du biomimétisme seront discutés. Après avoir décrit différents travaux sur le biomimétisme en lien avec le processus de conception un état des lieux du design, permettra de questionner le rôle du designer dans le processus de conception biomimétique.

2 LE BIOMIMÉTISME

Dans cette étude les termes de biomimétique et de biomimétisme seront employés. La biomimétique, est définie dans le cadre de l'ISO TC/266, comme la coopération interdisciplinaire de la biologie et de la technologie ou d'autres domaines d'innovation, qui a pour vocation de résoudre des problèmes pratiques par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles ainsi que du transfert et de l'application de ces modèles à la solution. Le biomimétisme quant à lui, est une approche scientifique qui consiste à s'inspirer des grandes stratégies du vivant pour innover durablement. Il a pour but de proposer des réponses innovantes multicritères combinant notamment les aspects esthétique, fonctionnel, économique ainsi que les critères de durabilité [8]. La définition proposée pour le terme biomimétique appuie ainsi son aspect méthodologique, tandis que celle du biomimétisme met en avant l'aspect philosophique et l'intégration du développement durable comme motivation première dans la méthodologie biomimétique [9] (Fig 2.).

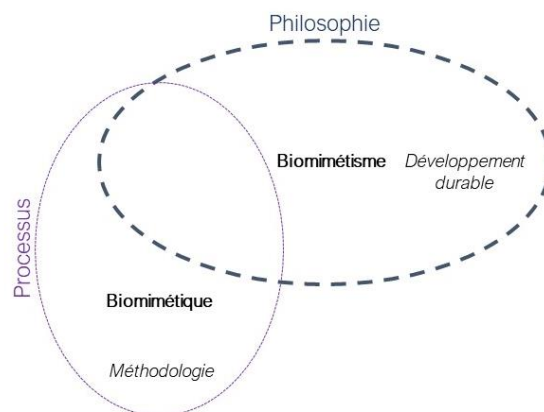


Fig 2. Sémantique de la biomimétique et du biomimétisme

Le biomimétisme a été identifié comme l'un des 8 vecteurs de l'émergence de la sixième vague d'innovation [11] et est progressivement reconnu comme une approche pertinente pour la conception de réponses aux besoins humains conciliant le contexte environnemental (éco-conception, protection de la biodiversité, etc.) et sociétal (ultra-urbanisation, augmentation de population, etc.) [12], [13].

Les problèmes auxquels les sociétés humaines sont confrontées qu'ils soient d'ordre écologiques, économiques, technologiques ou sociaux sont en effet de plus en plus complexes. Ils doivent être abordés par une approche systémique, prenant en compte de façon simultanée différents flux entrants, les multiples échelles, les usages et enfin les facteurs anthropologiques. Cette complexité nécessite le développement d'outils et méthodologies de ruptures pour les analyser et y répondre. Le biomimétisme, de part ces ambitions, apparaît ainsi comme une approche pertinente pour répondre à ces enjeux [4], [14].

3 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE

3.1 Enjeux du processus du biomimétisme

Malgré le développement croissant de publications scientifiques liées à la biomimétique [7], très peu aboutissent à un produit jusqu'à sa mise sur le marché. Cela s'explique par le manque d'une méthodologie commune claire, la difficulté du travail interdisciplinaire [15], un temps de développement relativement long pour des innovations de rupture telles que celles proposées par le biomimétisme [16] et en particulier, le manque de compréhension des mécanismes biologiques d'adaptation et leur transfert dans les systèmes humains.

A ce jour, 53 outils de coopération interdisciplinaire entre la biologie et la technologie ou d'autres domaines d'innovation ont été identifiés mais restent peu utilisés [4], [7]. En effet, d'une part ils n'intègrent que très peu les biologistes ce qui rend difficile l'identification de modèles ou principes inventifs biologiques. D'autre part, développés dans le domaine de l'ingénierie, ils sont pour la plupart fondés sur une analyse par composante et non par le système et n'intègrent que rarement le contexte social, économique et environnemental [7], [14]. Il est donc nécessaire de faciliter le transfert de connaissances entre les disciplines et l'intégration simultanée des différentes composantes du système d'intérêt (les flux entrants et sortants, ses multiples échelles, les usages et enfin les facteurs anthropologiques) par l'utilisation optimale du biomimétisme comme processus intégré de conception.

Notre problématique de recherche réside dans :

Quel est le potentiel offert par la mobilisation des compétences du designer pour l'optimisation et la structuration du transfert de connaissances entre les disciplines et l'intégration simultanée de critères multiples dans les cas de problématiques complexes ?

Ainsi la première étape, décrite ici, consiste à identifier les compétences du designer pouvant optimiser ce transfert de connaissances. Cette optimisation a pour finalité l'appropriation du biomimétisme par les parties prenantes dans le cadre de projet de conception.

4 MODELES UTILISES

4.1 Modélisation du processus de conception amont

Ces travaux prennent la suite de réflexions antérieures menées au sein du LCPI sur la conception amont qui est stratégique pour l'optimisation du processus de conception global [17], [18], [19], [20]. Plus précisément l'étude porte sur la modélisation théorique du processus de conception amont développé par Carole Bouchard (Fig 3.), lors d'investigations dans le domaine de la conception dans le métier du design. Ce modèle théorique considère « *le processus de conception comme la matérialisation progressive d'un espace problème en un espace solution, selon un processus informationnel qui consiste à réduire l'abstraction par l'utilisation de cycles successifs de représentations mentales et physiques intégrant de plus en plus de contraintes* » [19].

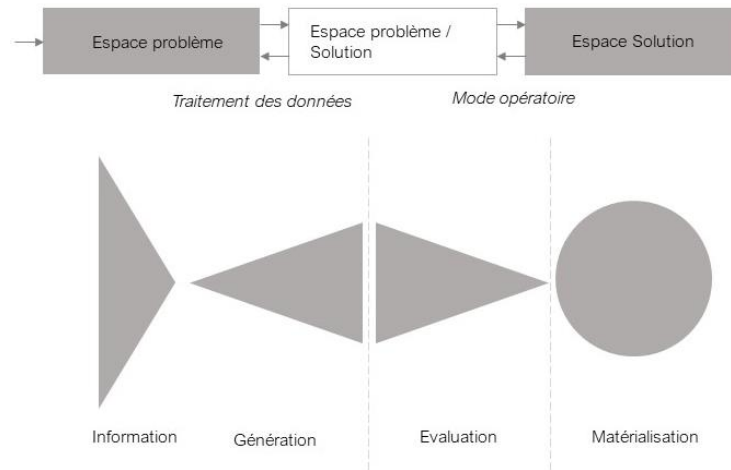


Fig 3. Modélisation du processus de conception amont (design), alternance de phases de divergence, convergence, matérialisation

Celui-ci s'articule autour de 4 grandes phases cycliques : Information, Génération, Evaluation et Matérialisation. L'information, consiste à intégrer et assimiler les diverses données du cahier des charges et données d'inspiration. Les idées issues de cette première étape sont développées dans la phase de génération. L'évaluation, appréhende les processus expérimentaux (perceptif, cognitif, etc.). Enfin, la phase de matérialisation permet, à chaque cycle, la mise en forme et la représentation physique des idées et concepts.

Dans le cadre de cette recherche, l'espace problème ainsi que le traitement des données qui en découlent sont au cœur de l'étude. Plus particulièrement, l'intérêt est porté sur la phase d'information, la moins étudiée de par son caractère implicite et variable [19], et la phase de génération.

4.2 Modèle de conception biomimétique problem-driven unifié

La communauté scientifique s'accorde à définir deux types de développement de la biomimétique: *solution-based* et *problem-driven*.

L'approche *solution-based* (Fig 4, gauche), a pour point de départ l'observation d'une ou de plusieurs fonctions ou caractéristiques de systèmes biologiques proposant un avantage potentiel si celles-ci sont transférées dans le domaine technologique. Une analyse biologique rigoureuse des principes de la ou des fonctions biologiques d'intérêt est nécessaire pour garantir l'efficacité de ce transfert.

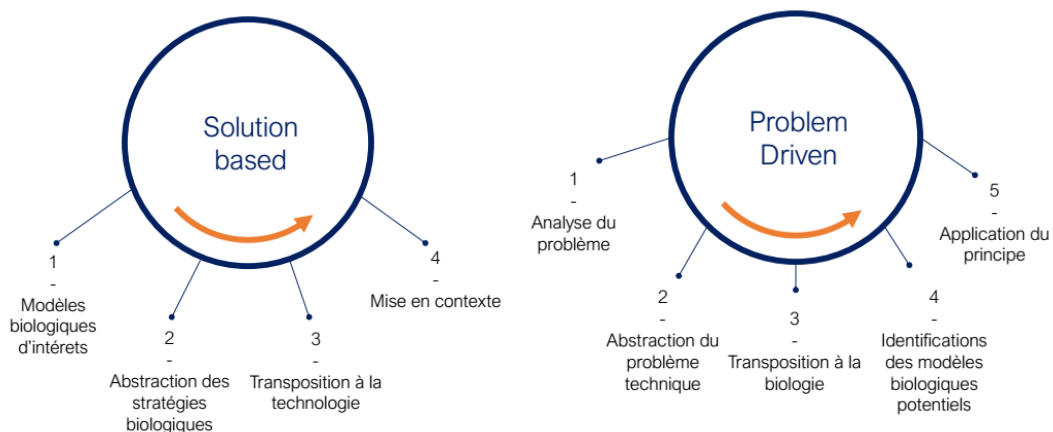


Fig 4. Processus biomimétiques de résolution de problème

L'approche *problem-driven* (Fig 4, droite), a pour point de départ une problématique identifiée généralement d'ordre technologique [8], [21] mais aussi d'ordre sociale ou encore environnementale. La résolution de cette problématique passe par l'identification de solutions biologiques d'intérêt proposant une réponse nouvelle, performante ou innovante applicable dans le domaine technologique.

L'étude proposée dans cet article se positionne sur cette dernière approche, qui nous semble être la plus appropriée pour la résolution de problèmes complexes.

Les méthodologies issues de l'approche *problem-driven* suivent un schéma commun, synthétisé dans le modèle de processus biomimétique problem-driven unifié (Fig 5.) [9]. Il a pour but d'offrir un entendement commun permettant de faciliter l'appropriation de la démarche proposée par le biomimétisme. Ce modèle tend à rapprocher le processus biomimétique de celui de la conception générale favorisant son assimilation et son emploi aux concepteurs. Il est composé de 8 étapes et est subdivisé en deux phases : la première concernant la transposition de la technologie vers la biologie, la seconde portant elle sur la transposition de la biologie vers la technologie.

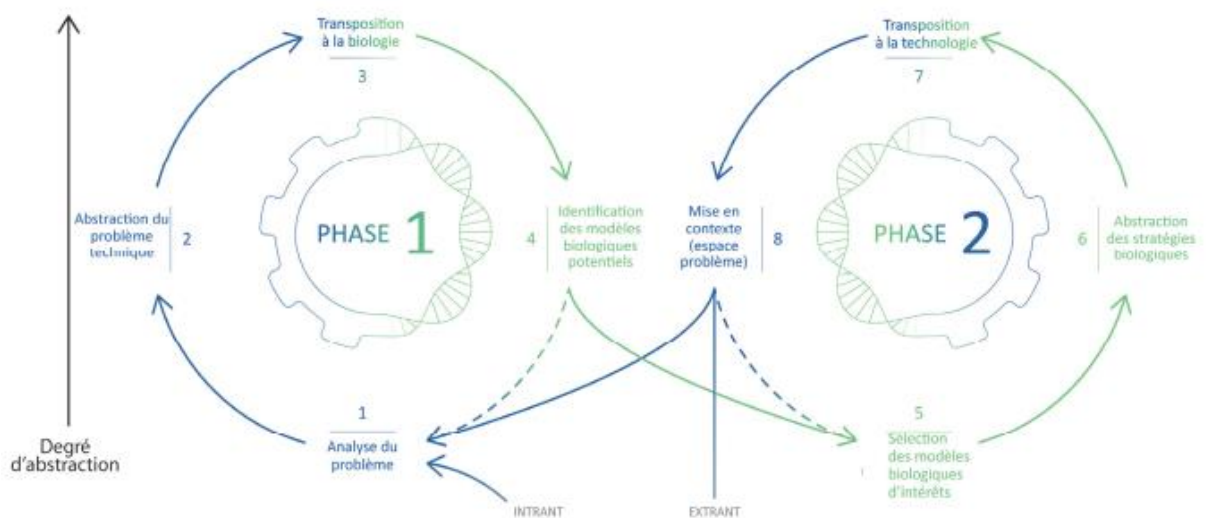


Fig 5. Modèle de processus biomimétique problem-driven unifié (version circulaire)

L'étude se concentre plus particulièrement sur les étapes 1, 2, 5, 6 et 8. L'étape 1 comprend l'évaluation et l'analyse de la situation et/ou la description du problème. L'étape 2 permet l'obtention d'un modèle fonctionnel prenant en compte le contexte ainsi que les contraintes relatives au problème. En parallèle, une sélection des modèles biologiques d'intérêts est faite en étape 5 afin de constituer une charge de travail cohérente pour la suite du processus, suivi d'une abstraction des stratégies sélectionnées vers un modèle fonctionnel du système biologique en étape 6. Enfin, l'étape 8 consiste à implémenter un procédé d'émulation technologique conceptualisé dans le contexte initial ainsi qu'à l'évaluer.

5 LE DESIGN

Cette partie a pour but de définir le terme « design » qui sera employé dans cet article. Puis une mise en évidence des compétences d'intérêts du designer sera faite après avoir posé le cadre dans lequel la recherche se positionne dans les sciences du design.

5.1 Les communautés de la conception

Le « *Design* » dans le sens anglophone et moderniste du terme est un ensemble regroupant les différentes communautés de concepteurs tels que l'ingénierie, l'architecture ou le design industriel [17], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Cette étude s'intéresse plus particulièrement aux compétences des communautés de designers issues de formations dites artistiques (Beaux-

arts, écoles de design industriel ou encore les écoles d'arts appliqués). Ces dernières développent des approches systémiques et créatives représentant une voie possible pour l'optimisation de la biomimétique [14]. C'est en ce sens que le terme « *design* » sera employé dans les prochaines parties de cet article.

5.2 Le design, une discipline en constante évolution

Jusqu'au modernisme des années 50, les designers créaient des objets esthétiques proches de l'œuvre d'art. Par l'arrivée du Bauhaus et par les opportunités de l'industrie, les designers ont centré leurs travaux autour des fonctions et des processus de conception [28]. Avec la prise de conscience récente des enjeux environnementaux et sociétaux, les designers placent l'utilisateur et son environnement au cœur de leurs recherches afin de lui proposer de nouvelles expériences de vie, une nouvelle « habitabilité » du monde [28] (Fig 6.). Dans cette évolution des centres d'intérêts du design, le designer réinvente constamment son métier en fonction des problématiques auxquelles il est confronté, d'où l'émergence de courants et de branches du design (design thinking, UX design, design produit, design graphique, design management, etc.) [28], [29].

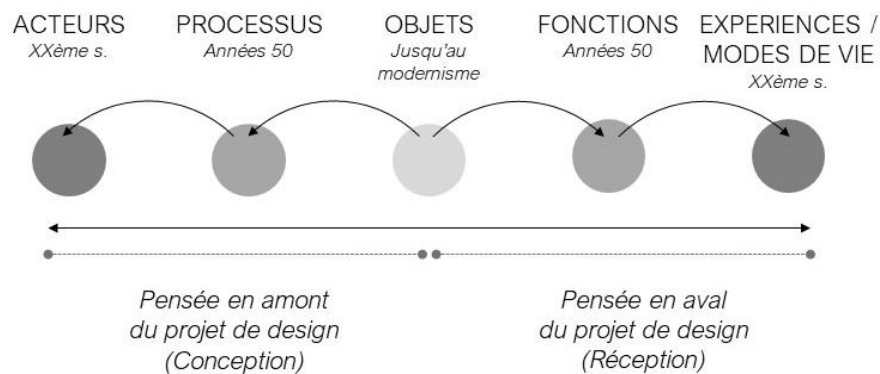


Fig 6. L'éclipse de l'objet en aval et en amont du projet [28]

Au cours du XXème siècle, l'architecture, l'ingénierie ou encore l'ergonomie se sont développées sur une base théorique forte, notamment par une approche systémique propre à leurs objets d'études (bâtiment, ville, Homme, etc.). A l'inverse, les communautés du design issues de formations artistiques ont évolué dans la pratique et le savoir-faire [17] par une approche « méta-systémique ». Elle repose sur les théories et connaissances issues d'autres disciplines leur permettant ainsi de s'adapter à chaque typologie de projet [30].

5.3 Le design comme construction de représentation

Contrairement aux sciences naturelles qui reposent sur l'analyse de l'existant, le design s'interroge sur comment les choses pourraient ou devraient être [22].

La recherche développée dans cet article s'intéresse au champ des études cognitives en design et se focalise sur les processus mentaux mis en œuvre, les stratégies adoptées et les types de connaissances utilisées.

Le design est classiquement étudié sous trois angles [31] (Fig 7.). Celui du chercheur américain Herbert Simon, l'un des premiers à s'intéresser à la modélisation des activités de conception, en considérant le design comme un système complexe qui vise à résoudre un problème. Le second, celui de Donald Schön, qui analyse le design comme pratique réflexive [32]. Le dernier et troisième angle, proposée par Willemien Visser, considère le design comme construction de représentations. Ces représentations peuvent prendre différentes formes, externe (dessins, maquettes, etc.) ou interne (interprétations, idées, etc.), et sont plus ou moins précises en fonction de l'avancement du processus de conception.

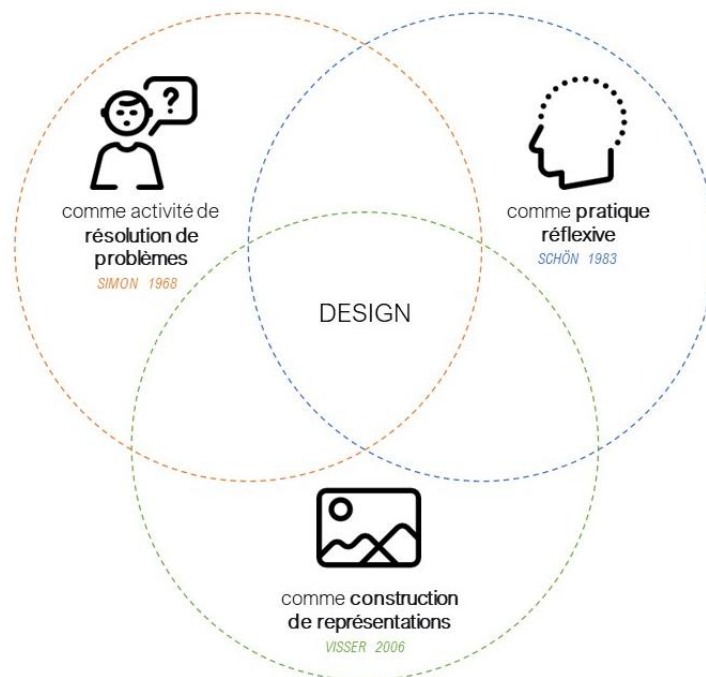


Fig 7. Les trois visions du design dans le champ des études cognitives en design

Cette étude se place dans cette dernière définition (Wisser, 2006) qui se concentre non pas sur le résultat de l'activité « design » mais sur les spécifications de l'artefact souhaité. Ainsi, les designers n'ont pas à produire l'artefact produit, mais ses spécifications [31] (Fig 8.).

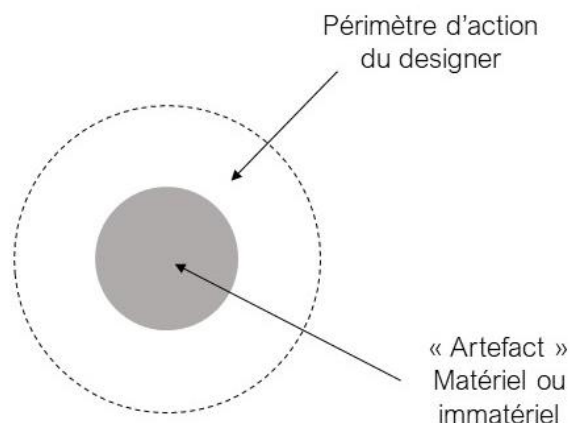


Fig 8. Modélisation de la définition globale de l'activité cognitive du design

5.4 Compétences du designer

Dans le cadre de la conception amont et en accord avec la définition de l'activité design choisie, plusieurs représentations intermédiaires sont générées grâce à différents paramètres extérieurs comme par exemple le cahier des charges, les contraintes, les connaissances des parties prenantes d'un projet. Ces paramètres varient en fonction de la typologie du projet et de l'artefact souhaité, ainsi qu'en fonction des secteurs d'influences, des valeurs, des centres d'intérêts du designer [19]. Le designer développe alors une compétence systémique afin de capturer, associer et combiner ces différents paramètres dans des représentations. Ces représentations sont ensuite modifiées et évaluées afin d'aboutir aux spécifications de la représentation finale de l'artefact produit, suivi de sa mise en application.

Le designer développe alors une connaissance générale [26] nécessaire pour la construction de représentation, car elle permet d'aborder un projet sans limites de fixation. Puisque les designers ne sont pas experts dans tous les champs de connaissance il est nécessaire qu'ils collaborent avec des experts de divers domaines. En effet contrairement aux autres communautés de la conception, le designer acquiert ses connaissances en travaillant sur différents types de projet. Celles-ci seront alimentées par les expertises des parties prenantes.

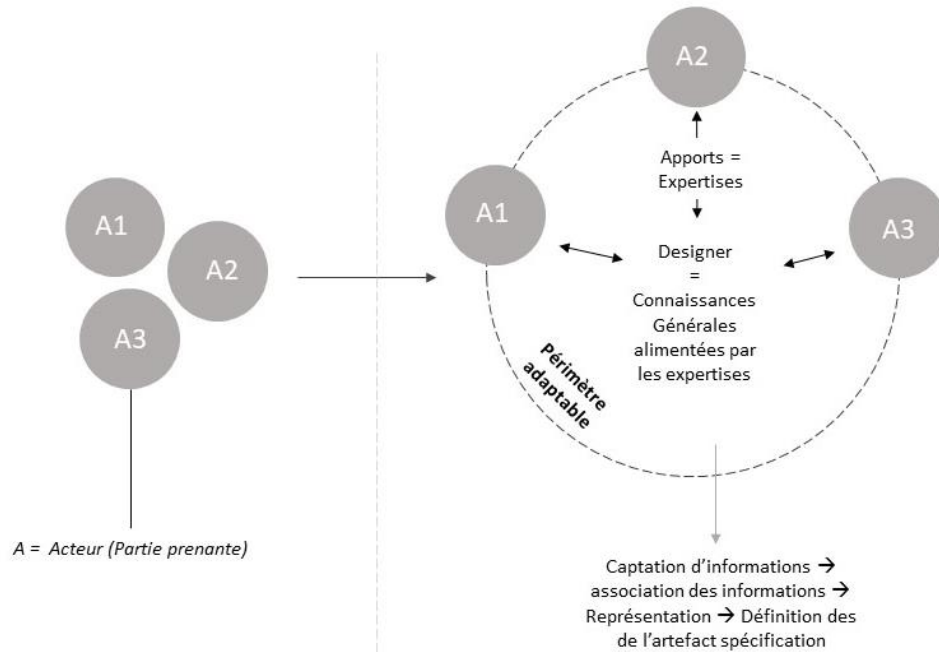


Fig 9. Modélisation du transfert d'information entre le designer et les parties prenantes d'un projet de conception

6 DISCUSSION

Cette étude met en évidence une convergence forte entre les enjeux du développement du biomimétisme à l'échelle systémique pour répondre aux problématiques complexes et la compétence systémique que développe le designer de formation artistique pour répondre à ces enjeux. Néanmoins les processus cognitifs en support de ces compétences ne sont aujourd'hui pas clairement identifiés dans la littérature. C'est pourquoi un questionnaire à destination d'étudiants et professionnels a été mis en place. Le but est de préciser ces compétences à la fois par la communauté des designers issus de formation artistique mais aussi par les communautés qui collaborent avec eux. L'analyse des résultats est en cours et a pour finalité d'apporter un premier éclairage sur les processus cognitifs du designer pouvant optimiser le transfert d'informations entre la biologie et les autres disciplines pour la résolution de problèmes complexes.

7 CONCLUSION & PERSPECTIVES

Il est mis en évidence dans cet article que l'approche systémique ainsi que la connaissance générale développés par le designer de formation artistique est une source potentielle de réponse à l'enjeu du transfert de connaissance dans le cadre de projets intégrant l'approche du biomimétisme. En effet l'approche systémique du designer permettrait l'intégration simultanée des différentes composantes du système d'intérêt pour des problématiques complexes telles que proposé par le biomimétisme. Ce constat va être étudié plus en détail lors d'une expérimentation en présentiel dans le cadre de projets biomimétiques afin d'étudier la place et le rôle du designer ainsi que les relations et le transfert de connaissances entre les parties

prenantes présentes. Après avoir identifié les apports du designer pour l'optimisation du processus biomimétique, une recherche portant sur les apports du processus biomimétique pour le designer sera effectuée, focalisée sur l'intégration de solutions durables dans les projets de conception.

REFERENCES

- [1] Mora C, Tittensor DP, Adl S, Simpson AGB, Worm B, *How Many Species Are There on Earth and in the Ocean ?*, PLoS Biology, 2011
- [2] Lepora N F, Verschure P and Prescott T J, *The state of the art in biomimetics*, Bioinspiration & Biomimetics, Vol.8, N.1, 2013.
- [3] Bar-Cohen Y, *Biomimetics—using nature to inspire human innovation*, Bioinspiration & Biomimetics, Vol.1, N.1, 2006b.
- [4] Speck O et al, *Biomimetic bio-inspired biomorph sustainable? An attempt to classify and clarify biology-derived technical developments*, Bioinspiration & Biomimetics, Vol.12, 2017.
- [5] Fayemi P E, Maranzana N, Aoussat A, Bersano G, *Contextualisation des outils biomimétiques afin de développer une nouvelle méthodologie*, CONFERE, Biarritz, 2013.
- [6] Vincent J F.V, Bogatyreva O, Bogatyrev N, Bowyer A and Pahl A K, *Biomimetics: its practice and theory*, Journal of The Royal Society Interface,3, 471-482, 2006.
- [7] K. Waniecek, P.-E. Fayemi, N. Maranzana, C. Zollfrank, and S. Jacobs, *Biomimetics and its tools*, Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials, vol. 6, no. 2, pp. 53–66, Jun. 2017.
- [8] ISO/TC266, *Biomimetics - Biomimetic structural optimization*, ISO 18459:2015, ed: Beuth Verlag, 2015a.
ISO/TC266, *Biomimetics - Terminology, concepts and methodology*, ISO 18458:2015, ed: Beuth Verlag, 2015b.
- [9] Fayemi P E, *Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances*, Thèse de doctorat en Génie Mécanique,, Arts et Métiers ParisTech, 2016.
- [10] Durand, H., Larrieu, C., and Hubert, C., *Étude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France: état des lieux, potentiel, leviers*, Études et documents Commissariat général au Développement durable, 2012.
- [11] K. Hargroves and M. H. Smith, *The natural advantage of nations: business opportunities, innovation and governance in the 21st century: Earthscan*, 2013
- [12] Benyus, J. M., *Biomimicry*, William Morrow New York, 1997.
- [13] Sedlbauer K et Speck O, *The biomimetic promise: natural solutions as concept generators for sustainable technology development in the construction sector, project area a: case studies for analysis, abstraction and implementation*, 2014.
- [14] Bila Deroussy P., *Approche systémique de la créativité: outils et méthodes pour aborder la complexité en conception amont*, Thèse de doctorat en conception, Arts et Métiers ParisTech. 2015.
- [15] Jacobs, S. R., Nichol, E. C., and Helms, M. E., *Where Are We Now and Where Are We Going? The BioM Innovation Database*, Journal of Mechanical Design, Vol. 136, p. 111101, 2014.
- [16] Ricard P, *Le biomimétisme: s'inspirer de la nature pour innover durablement*, Avis du conseil économique social et environnemental, 138 p., 2015
- [17] N. Cross, *Designerly Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science*, Design Issues, vol. 17, no. 3, pp. 49–55, 2001.
- [18] Aoussat, A., *Contribution à la modélisation du processus de conception de produits industriels*, Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, 1996.

- [19] Bouchard C, *Modélisation et computation des processus cognitifs et informationnels en conception amont : une investigation chez les designers et les concepteurs*, Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2010
- [20] European Commission, *Ecodesign your future*, p3, 2012.
- [21] Goel, A. K., Vattam, S., Wiltgen, B., and Helms, M., *Information-processing theories of biologically inspired design*, *Biologically Inspired Design*, ed: Springer, pp. 127-152, 2014.
- [22] Simon H A, *The sciences of the artificial*, MIT press, 1996.
- [23] Hatchuel A, *Quelle analytique de la conception ? Parure et pointe en Design*, Colloque - Le design en question(s), 2006.
- [24] Archer B, *The nature of research into design and design education*, Department of Design and Technology, Loughborough University, 2007.
- [25] Margolin V, *Doctoral Education in Design: Problems and Prospects*, *Design Issues: Volume 26, Number 3 Summer 2010*.
- [26] Visser W, *Visser: Design as construction of representations*, Collection « Art + Design & Psychology », Vol.2 pp. 29-43, 2010.
- [27] Kahane B, *Design et innovation : deux faces d'une même médaille ?*, *Sciences du Design*, N° 1, p. 109-119, 2015.
- [28] Findeli A, Bousbaci R, *L'Eclipse de l'objet dans les théories du projet en design*, *The Design Journal*, 8:3, 35-49, 2005.
- [29] Findeli A, Coste A, *De la recherche-crédation à la recherche-projet : un cadre théorique et méthodologique pour la recherche architecturale*, *lieux communs* N° 10, 2007.
- [30] Findeli A, *Le cœur théorique du design est-il vide ?*, Journée d'étude "Quel visage pour une théorie du design ?", 2016
- [31] Visser W, *Les trois visions du design dans le champ des études cognitives en design*, Collection « Art + Design & Psychology », Vol.2, p. 7-9, 2010.
- [32] Mougnot C, Bouchard C, Aoussat A, *Inspiration, Images and Design: A Field Investigation on Information-Retrieval Strategies by Designers*, *Journal of Design Research*, Inderscience, 2008

Contact principal : Anneline LETARD

Arts et Métiers ParisTech, LCPI
151, Boulevard de l'Hôpital
75013 Paris, France

anneline.letard@ensam.eu