

**DOSSIER  
PÉDAGOGIQUE**

9<sup>e</sup>  
**ARCHILAB**

**Naturaliser  
l'architecture**

14/09/2013

02/02/2014

# Sommaire

<b>Sommaire</b>	<b>2</b>
<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>Préface</b>	<b>4</b>
<b>1<sup>e</sup> partie : organique</b>	<b>5</b>
Introduction	6
Architecture & processus naturels	6
Simuler le vivant	8
Pistes pédagogiques	13
<b>2<sup>e</sup> partie : géométrique</b>	<b>19</b>
Introduction	20
Donner forme au calcul	21
Automatiser la construction	22
Architecture et matériaux	23
Pistes pédagogiques	25
<b>3<sup>e</sup> partie : du micro au macro</b>	<b>29</b>
Structure et ornement	30
L'échelle et l'ornement	32
Motifs, comportements et systèmes génératifs	33
Numérique et artisanat	33
Pistes pédagogiques	35
<b>4<sup>e</sup> partie : métaécologie</b>	<b>41</b>
Au-delà de l'architecture verte	42
Vers une architecture intelligente	43
Pistes pédagogiques	47
<b>Glossaire</b>	<b>52</b>

# Introduction

Regroupées au travers de quatre thématiques (Organique, Géométrie, Du micro au macro, méta-écologie), les œuvres exposées dans le cadre d'Archilab explorent des principes d'évolution propres au domaine du vivant. À la croisée des Sciences informatiques, de l'ingénierie et de la biologie, l'exposition constitue un excellent support pour une pédagogie centrée sur l'interdisciplinarité, comme le préconisent les contenus d'enseignement, cela à tous les niveaux. Sciences et vie de la terre, mathématiques, informatique, sciences humaines, architecture et arts plastiques s'interconnectent ici et favorisent les approches diversifiées.

Les pistes pédagogiques proposées constituent des entrées possibles, que chaque enseignant sera à même d'adapter au niveau de classe qu'il a en charge. Les questionnements, notions, objectifs pédagogiques, références et exercices pratiques constituent une matière que chacun modèlera en fonction des nécessités pédagogiques.

En 1999, la première édition d'ArchiLab - laboratoire international d'architecture - explorait la révolution engendrée par l'émergence des technologies numériques et s'attachait à redéfinir le champ de l'architecture. Dépassant largement les frontières de leur discipline, les architectes développent désormais une pratique à la croisée des sciences informatiques, de l'ingénierie et de la biologie.

Aujourd'hui, les outils de simulation numérique, empruntés aux sciences, ouvrent des champs d'investigation sans précédent, autorisant l'exploration de principes d'évolution propres au règne du vivant. Grâce à une maîtrise mathématique avancée, l'architecture se joue désormais au niveau de la matière et tend vers une recreation intégrale de l'organique, rendue possible par la science. Au-delà d'une approche dite « durable », c'est la mutation du concept même de nature qui est ici interrogée, dorénavant indissociable de la production technique et technologique.

Ce sont ces enjeux, entre architecture et sciences, que cette nouvelle édition d'ArchiLab s'attache à illustrer au travers d'une exposition internationale qui présente les projets de quelque 40 architectes, designers et artistes, d'une nouvelle génération de créateurs à la pointe en matière de biotechnologie, de robotique, de nanotechnologie ou de simulation.

**Marie-Ange Brayer**  
**Frédéric Migayrou**  
Commissaires



**ORGANIQUE**

## Introduction

Si, à la Renaissance, l'architecture était appréhendée comme une « fabrique de nature », cette « naturalisation » de l'architecture se retrouve au cours du XX<sup>e</sup> siècle, depuis l'Art Nouveau ou les formes organiques de l'architecte catalan Gaudí, en passant par les propositions d'architectes qui se multiplient depuis les années 1950.

Aujourd'hui, le recours au langage informatique – au code et au script (v. glossaire) – ouvre un champ d'investigation nouveau où la simulation génétique croise les sources de la biologie moléculaire, des processus de réplication et de transcription d'un matériel génétique. Le concepteur – qu'il soit artiste, architecte, designer ou styliste – participe ainsi à ce qui pourrait être considéré comme une véritable écologie du design.

Présentés dans la Galerie des Turbulences, des créatures artificielles ([Minimaforms](#)) sympathisent avec les visiteurs ; des spécimens architecturaux se donnent comme un **Cabinet de curiosités post-digitales** ([Jorge Ayala](#)) ; des vêtements ([Iris van Herpen](#)) s'inspirent des biotechnologies ; une « grotte » ([Michael Hansmeyer](#)), intégralement issue du numérique, efface les frontières entre nature et architecture... Tous ces projets posent la même question : comment, aujourd'hui, recréer artificiellement la nature ?

## Architectures & processus naturels de 1950 à nos jours

À côté des propositions aux formes organiques qui se multiplient au cours des années 1950-60, plusieurs architectes émettent alors l'hypothèse que la forme courbe est le résultat d'une logique à la fois rationnelle et naturelle. Cette approche de la nature envisage d'imiter non plus des formes mais les processus qui président à leur apparition, à leur évolution et à leur organisation.

Les architectures aux formes ovoïdes de [Pascal Häusermann](#), par



Jorge Ayala, Cabinet de curiosités post-digitales, 2013



Iris van Herpen, *Hybrid Holism*, collection automne-hiver 2012-2013



Vittorio Giorgini, *Liberty*, 1977-1979

exemple, empruntent à l'œuf ses qualités à la fois économiques, structurelles et esthétiques (**Pavillon du Week-end expérimental, Grilly, 1959**). De la même manière, [Vittorio Giorgini](#) étudie dès les années 1950 la structure des organismes naturels afin de réaliser une architecture dont les formes courbes répondent à des nécessités structurelles tout en réconciliant l'homme avec lui-même (**Liberty, 1977-1979**).

En 1956, [lonel Schein](#) conçoit la première **Maison tout en plastiques**. Industrialisable et légère, cette architecture emprunte à la coquille de l'escargot son principe de croissance. Au fur et à mesure du temps qui passe, la famille s'agrandit. Il faut donc proposer un système qui s'adapte au cours de la vie. Schein développe un module de chambre se branchant et se déployant en spirale autour du bloc central. La même année, Schein conçoit un principe d'assemblage reposant sur le branchement (*plug-in*) de coques en plastique les unes aux autres. Autorisant la modularité et le transport, ce système peut s'appliquer à tout type de programme, de la chambre d'hôtel d'appoint (**Cabine hôtelière mobile, 1956-58**) à la bibliothèque mobile (**Bibliothèques mobiles, Projet Hachette, 1957**). Favorisant la mobilité de l'homme, ces principes de *plug-in* et de prolifération cellulaire vont marquer les expérimentations architecturales des années 1960-70, depuis Archigram en Angleterre jusqu'aux métabolistes japonais, en passant par les recherches de l'association Habitat évolutif en France.

## Morphogenèse et complexité

Au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, l'architecture s'ouvre peu à peu à la théorie de la complexité, paradigme né de la rencontre entre les sciences de la vie et celles de l'information. Cette approche envisage toute forme comme le résultat d'interactions entre les éléments qui la composent à différents niveaux d'organisation. Les projets de [Eilfried Huth & Günther Domenig](#), notamment **Medium Total** (1969-70), portent particulièrement la trace de cette rencontre entre biologie et théories de l'information, comme la cybernétique. Dans ce cadre, l'architecte doit s'attacher à définir l'ensemble des relations qu'un élément entretiendra au sein d'un système architectural, ses propriétés ainsi que ses règles d'agencement. Très sensible aux théories du biologiste François Jacob, [Jean Renaudie](#) expérimente par le dessin des combinaisons de formes géométriques qui deviendront ensuite un ensemble à la fois architectural et urbain, et dont la variété des configurations répondra à la diversité humaine (**Gorges-de-Cabriès, Vitrolles, 1974-1975**).

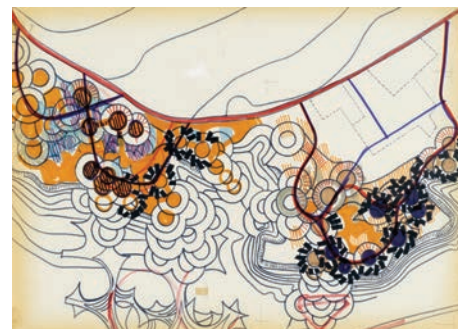
Cette approche de l'objet, tant mobilier qu'architectural ou ur-



lonel Schein, *Maison tout en plastiques*, 1956



lonel Schein, *Cabines hôtelières mobiles*, 1956



Jean Renaudie, *Gorges-de-Cabriès, Vitrolles*, 1974-1975



David George Emmerich, *Structure autotendante*, s.d.

bain engage certains architectes et ingénieurs dans l'étude des principes de morphogenèse naturelle (v. glossaire), c'est-à-dire des processus d'émergence des formes de la nature. La diversité des formes naturelles est envisagée comme le résultat des lois de combinaisons d'un nombre limité d'éléments (comme les atomes par exemple). Les formes architecturales doivent donc émerger de logiques de répétition d'un polygone, un polyèdre ou tout autre élément de base qui pourra ensuite s'étendre à l'infini. Les chercheurs en morphologie structurale, comme [David George Emmerich](#) ou [Günther Günschel](#) s'attacheront à découvrir ces lois d'apparition des formes afin d'offrir de nouvelles solutions et de nouvelles conformations architecturales. Développé à très grande échelle, ce principe trouvera une application dans certains projets de mégastructures, villes tridimensionnelles construites à partir d'éléments standard et modulables, s'étendant au-dessus du sol et se donnant comme solutions au problème de la surpopulation, comme celles proposées par [Eckhard Schulze-Fielitz](#).

L'apparition de l'ordinateur dans le processus de conception de l'architecture facilitera la prise en compte de cette complexité en accélérant le calcul des interactions entre éléments.

## Biologie, computation et architecture

Le rapprochement entre l'informatique et la biologie va progressivement engendrer un nouveau champ transdisciplinaire qui envisage une communauté de langage entre la nature et l'informatique. L'idée de code - génétique ou informatique - devient centrale dans l'apparition des formes naturelles et artificielles : les informations portées par le code, les « données », sont croisées et combinées selon des formules mathématiques, les algorithmes (v. glossaire). L'apparition des outils de conception assistée par ordinateur permet désormais la création numérique de formes en manipulant des paramètres, c'est-à-dire en apportant des modifications dans le code qui seront ensuite traduites en représentations virtuelles. Si la plupart des architectes contemporains utilisent l'informatique en lieu et place du dessin, certains, comme [BIOTHING](#) ou [THEVERYMANY™](#), s'attachent plus particulièrement à la rédaction de « scripts », des formules de code qui calculeront et engendreront des formes architecturales biomorphiques.



Günther Günschel, *Geodätische Hallen*, 1955-1978



BIOTHING, *Mesonic Fabric*, 2009



THEVERYMANY™, *Double Agent White*, 2012  
Coll. Centre national des arts plastiques, Paris



Michael Hansmeyer, *Grotto Prototype*,  
2012-2013 (en collaboration avec Benjamin Dillenburger)



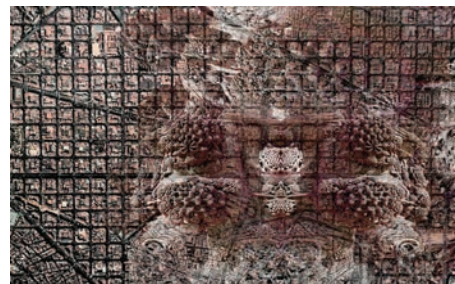
# Simuler le vivant

## Croissance et dégénérescence

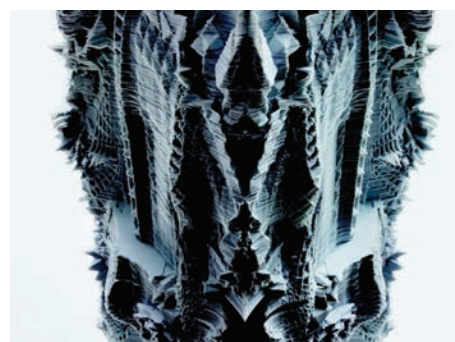
Cette analogie entre code génétique et code informatique se traduit par l'apparition de modèles et de théories à la croisée des sciences génétiques et mathématiques. Le début du XXI<sup>e</sup> siècle est marqué par l'émergence d'outils et de logiciels de simulation de processus de conception bio-inspirés. Les outils de simulation qui sont désormais utilisés sont fondamentalement différents de la modélisation mathématique utilisée jusqu'alors. Les modèles mathématiques traditionnels impliquaient en effet une approche simplifiée de ces processus, d'une part en n'intégrant que très peu de paramètres, et d'autre en part en opérant par déduction à partir d'un « résumé ». Au contraire, les outils de simulation rejoue l'ensemble du processus en passant par chaque étape et en tenant compte de nombreux paramètres ainsi que de leurs possibles variations. La complexité est constitutive de cette approche, d'où le recours à la computation (v. glossaire).

Les logiques récursives, à l'œuvre dans la subdivision cellulaire ou les fractales, sont couramment exploitées par des architectes tels que [Michael Hansmeyer](#), [SPAN](#), [EZCT](#)... Par exemple, dans le projet du **Bloomberg Pavilion** de l'architecte [Akihisa Hirata](#), les « motifs » triangulaires de la couverture, qui découlent d'un principe de prolifération organique, recréent visuellement la masse du feuillage. L'architecte [Michael Hansmeyer](#) développe notamment une approche biomimétique (v. glossaire) de l'architecture à partir de processus de subdivision cellulaire, et dont la complexité procède de la simulation computationnelle de systèmes vivants. Les algorithmes auxquels il recourt lui permettent de transférer ces procédures morphogénétiques à des structures en trois dimensions. **Subdivided Columns** (2011) est un ensemble de colonnes réalisées à l'échelle 1:1, conçues et fabriquées numériquement. Ayant comme point de départ une colonne dorique classique, elles sont le résultat d'un processus de subdivision numérique donnant lieu à des millions de facettes. Il en résulte des volumes aux contours irréguliers qui semblent comme érodés par les éléments.

Ces principes morphogénétiques peuvent être guidés par un principe d'optimisation. Par exemple, les algorithmes génétiques (v. glossaire) sont des formules mathématiques s'appuyant sur des techniques dérivées de la génétique et de l'évolution natu-



Span, *Recursive Barcelona*, 2012



Michael Hansmeyer, *Subdivided Columns*, 2010



Akihisa Hirata, *Bloomberg Pavilion*, Tokyo, 2011



EZCT, *Chair Model T1-M*, 2004

relle (croisements, mutations, sélection, etc.) pour générer des formes. Des populations de formes évoluent de génération en génération au fur et à mesure de croisements entre « individus » pour s'adapter à certaines contraintes. L'agence française [EZCT](#) emploie ces algorithmes évolutionnaires afin de définir une chaise (**Chair model T1-M, 2004**) qui répond à certains paramètres (s'asseoir, s'appuyer...). Pour concevoir et produire **Bone Furniture** (2006), [Joris Laarman](#) a collaboré avec le Centre de développement international Adam Opel GmbH ; celui-ci avait mis au point pour la construction automobile un logiciel inspiré de la croissance des os et des végétaux. Transféré cet outil à l'échelle de l'objet mobilier, Laarman développe une série d'algorithmes d'optimisation 3D capables de simuler ces processus naturels : certains agents définissent la structure et les lignes principales de l'objet, d'autres optimisent sa forme au maximum, ajoutant ou supprimant de la matière. En utilisant ainsi l'outil numérique pour calculer et générer une forme selon un processus de croissance biologique, Laarman révolutionne les modalités du design et dépasse la logique mimétique de l'Art Nouveau ou du design organique des années 1960.

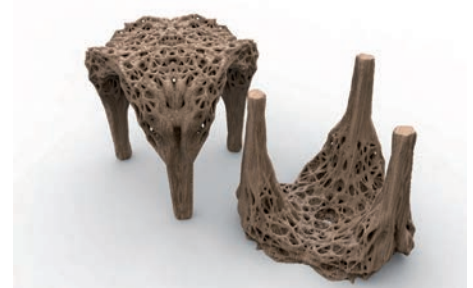
D'autres, au contraire vont simuler des processus de dégénérescence matérielle, à l'instar des deux tabourets **Degenerate Chair** (2012) de [Daniel Widrig](#). [Niccolo Casas](#) simule des phénomènes de sénescence grâce aux outils numériques, comme une interrogation sur une beauté post-digitale et sur une certaine esthétique de la laideur. Plus qu'une simple dégénérescence matérielle, cette décadence consiste en une transition dynamique entre deux états, qui entraîne la désintégration d'organismes – naturels, culturels ou sociaux – au profit de l'émergence de singularités, ici d'ordre géométrique et matériel.

## Comportement naturels et auto-organisation

De nombreux artistes et architectes présentés génèrent artificiellement des processus comportementaux empruntés à la nature. Dans ses vidéos, [Perry Hall](#) filme à l'aide d'une caméra numérique à très haute résolution le comportement d'une matière colorée qu'il agite ou dans laquelle il introduit des ferrofluides. Les événements picturaux qui se produisent révèlent des motifs en déplacement constant et évoquent des paysages naturels en activité. Mais surtout, ils affirment l'existence d'un comportement actif pour toute matière, souvent envisagée comme passive. Les architectes peuvent se rapprocher des principes de la nature afin d'améliorer les performances énergétiques d'un bâtiment. L'architecte [Achim Menges](#) par exemple (**Hygroskin,**



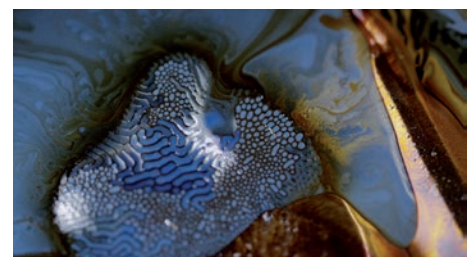
Joris Laarman, *Bone Furniture*, 2006



Daniel Widrig, *Degenerate Chair*, 2012



Niccolo Casas, *Turbulences*, 2012



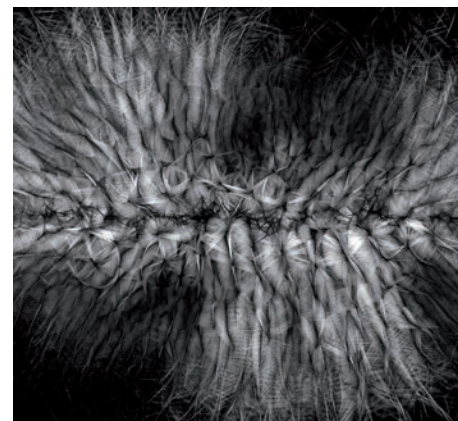
Perry Hall, *Livepaintings*, 2011-2013

**Meteorosensitive Pavilion, 2013**) reproduit les principes biologiques de la pomme de pin qui, selon le taux d'humidité présent dans l'air, s'ouvre ou se rétracte.

Grâce à la capacité technique de matérialisation de ces simulations virtuelles, une nouvelle génération de logiciels de conception autorise désormais une simulation de l'organique. Ainsi, de nombreux architectes exploitent des outils de simulation comportementale de systèmes complexes, comme les systèmes multi-agents (v. glossaire) ou des automates cellulaires (v. glossaire). Ils sont ainsi capables de générer un processus d'optimisation autonome et dynamique qui sera le résultat de l'interaction entre différentes entités et différents paramètres. L'œuvre **Process 13** (2006) de l'artiste [Casey Reas](#) exploite ce principe d'auto-organisation traduit en langage de programmation par Processing. Conçu par Reas en 2001 en collaboration avec Ben Fry, ce langage est aujourd'hui utilisé par de nombreux architectes ainsi que dans plusieurs œuvres présentées dans cette exposition. Reas y recourt pour générer une œuvre évolutive, un processus et non une forme : les motifs qui se déploient sont le résultat de l'interaction d'une multitude d'éléments. Leurs formes, leurs déplacements et leurs comportements, dépendent de règles simples définies par l'artiste qui provoquent des interactions entre elles et des modifications de comportements. Elles produisent des motifs toujours plus complexes, qui ne pourraient pas être réalisés en dehors du recours aux outils numériques. Ici, l'œuvre se naturalise en empruntant au monde du vivant ses principes de croissance. C'est aussi sur un processus d'auto-organisation cellulaire que s'appuie **Chrysalis III** de l'agence [Matsys](#). Inspiré de la bernacle, petit crustacé du bord de mer qui s'agglomère sur les rochers, le processus de génération des formes s'appuie sur un principe que l'on trouve partout dans la nature et qui permet aux différentes cellules de bouger les unes autour des autres jusqu'à trouver une organisation stable et équilibrée.

## Vers une intelligence artificielle

Cette capacité de l'architecture à se comporter comme un organisme vivant peut s'étendre jusqu'à la doter d'une certaine intentionnalité. La structure devient véritablement vivante et autonome, au-delà de la seule « réactivité » du bâti qui faisait l'objet des premières recherches d'architecture « numérique » au début des années 1990 (**NOX**). **Petting Zoo** de [Minimaforms](#) est non seulement capable de réagir mais il exprime aussi des « états d'âme », il sollicite voire reconnaît un visiteur. Caméras digitales et interfaces mobiles permettent de capter les paramètres contextuels et environnementaux et confèrent des caractéristiques et des



Casey Reas, *Process 13*, 2006 (Coll. Centre Pompidou, Paris)



Matsys, *Chrysalis III*, 2012



Minimaforms, *Petting Zoo*, 2012

« personnalités » aux branches articulées qui évoluent en fonction de la participation individuelle et collective. Cette matérialité digitale, sous la forme d'environnements interactifs capables de sentir la présence des visiteurs, génère un sentiment ambigu, entre fascination et effroi, qui naît de l'effacement des frontières entre le naturel et l'artificiel, le sensible et le technologique.



**ORGANIQUE**  
PISTES PÉDAGOGIQUES

# École

## Niveau : cycle 2 / CE2

**Piste d'étude :** mobilier végétal.

**Objectifs :** se servir des formes de la nature pour inventer et construire ; assembler des éléments pour donner du sens ; créer un objet du quotidien.

**Matériaux :** branches d'arbres et d'arbustes, bandes de plâtres, peinture.

**Scénario :** à partir d'une collecte de branches et brindilles de diamètres et de tailles différentes, les élèves assemblent ces éléments pour créer un objet de leur choix (chaise, table, pot, lampe, etc). Ils lient les branches avec des petits morceaux de ficelle. L'objet est ensuite entouré de bandes de plâtre afin de lui donner une unité.

Les élèves peuvent ainsi installer leur volume dans la cour de l'école en favorisant un emplacement verdoyant afin que l'objet soit en corrélation avec un lieu végétal. L'objet peut être peint ou décoré. Cette pratique peut se prolonger par la réalisation de textes imaginaires sur « l'éclosion » ou la « pousse » de l'objet.

### Références :

#### Archilab :

Joris Laarman, *Bone Furniture*, 2006

BIOTHING (Alisa Andrasek et Jose Sanchez), *Bloom*, 2012

#### Autre :

Objets Design : Ronan et Erwan Bouroullec, *Vegetal chair: Blooming*, 2008 ;  
Emilio Robba, *Chaise végétale*, 2007

Objets « Art Nouveau » : Hector Guimard, *Bouche du métropolitain*, 1900

Architecture : Antoni Gaudi, *La casa Batllo*, 1904-1906

## Niveau : cycle 3 / CM2

**Piste d'étude :** cabinet de curiosités.

**Objectifs :** inventer des formes en s'inspirant de l'observation de la nature ; mettre en place un dispositif de présentation ?

**Matériaux :** plâtre, moules en silicone ou en aluminium, objets de récupération, éléments naturels, carton, feuilles de couleur, stylos dorés et argentés, etc.

**Scénario :** les élèves ont observé les fossiles et compris que ces derniers sont les traces de la vie passée sur Terre. Les êtres vivants apparaissent et disparaissent.

À partir de ce travail de géologie, ils vont imaginer des fossiles. Pour ce faire, l'enseignant leur demande d'inventer un être imaginaire qui aurait pu exister sur terre. Ils peuvent s'inspirer des chimères, des êtres de la mythologie ou des

contes fantastiques. Après avoir nommé et produit un texte sur cet être vivant, les élèves apportent des petits objets de récupération en lien avec la créature inventée pour créer leur propre « fossile ».

Les objets deviennent de petites curiosités à installer. L'enseignant organise une exposition dans la classe. Les objets sont présentés sur des socles, dans un abri ou une cage, ou simplement accrochés ou suspendus.

#### Références :

##### Archilab :

MATERIACOLOGY (Neri Oxman), *Imaginary beings mythologies of the not yet*, 2012

(Ay)A Studio, (Jorge Ayala), *Cabinet de curiosités post-digitales*, 2013

##### Autre :

Objet Design : Ronan et Erwan Bouroullec, *Vegetal chair: Blooming*, 2008 ;  
Emilio Robba, *Chaise végétale*, 2007

# Collège

## Niveau : sixième

### Séquence interdisciplinaire entre Arts plastiques et SVT

**Objectifs :** observer son environnement - classer des animaux.

#### Scénario :

SVT : les élèves examinent à la loupe mono ou binoculaire des insectes (coccinelle, escargot, fourmi, blatte, papillon, etc). Ils notent le nombre de pattes, d'antennes, les ailes, les coquilles et font des regroupements.

Les élèves, par équipe, choisissent un insecte et réalisent une fiche descriptive avec des croquis.

Arts Plastiques : à l'aide de matériaux de récupération et de feuilles de différentes textures, les élèves créent une carapace entre l'insecte sélectionné et une créature imaginée. L'élève donne un nom à l'objet hybride. Ce travail peut être prolongé par une numérisation des objets pour les déformer, les colorer ou les insérer dans un décor qui donnerait davantage de sens à la création.

#### Références :

##### ArchiLab :

MATERIACOLOGY (Neri Oxman), *Imaginary beings mythologies of the not yet*, 2012

(Ay)A Studio, (Jorge Ayala), *Cabinet de curiosité post-digitales*, 2013

Iris Van Herpen, *Hybrid Holism*, collection haute couture, 2009

## Niveau : troisième

### Séquence interdisciplinaire Arts plastiques/Technologie

**Objectif :** réaliser une production qui éveille un ou plusieurs sens. Cette séquence permet de questionner la création contemporaine qui adopte les outils technologiques (images de synthèse, vidéo, son, musique, etc.) dans le processus d'élaboration de l'œuvre.

**Scénario :** en collaboration avec le professeur de technologie, il s'agit de réaliser l'objet « sensitif » et de proposer son cahier des charges. Les élèves réalisent des recherches sur l'esthétique, l'ergonomie, la durée de vie, l'impact sur l'environnement et sur le coût de revient de l'objet en proposant un prototype.

**Références :**ArchiLab :

Minimaforms, *Petting zoo*, 2012

Autre :

Vidéo : Edmond Couchot, *Je sème à tout vent*, 1990

Installations : kazuhiko Hachiza, *Dispositif Interactif*, 1993 ; Jeffrey Shaw, *La ville lisible*, dispositif interactif et images numériques, 1989-1991

# LYCÉE

## Niveau : 2<sup>nd</sup>e BAC Pro

**Piste d'étude :** le biodesign

**Objectifs :** les élèves appréhendent les notions d'analogie, de biomorphisme et de biodesign en étudiant différentes œuvres proposées par l'exposition.

**Exemples d'œuvres pouvant être la base d'un travail de réflexion :**

Le martin-pêcheur et le T.G.V Shinkansen : la locomotive a été redessinée pour ressembler à la tête du martin-pêcheur. Ce rapprochement physique entre oiseau et train a permis de résoudre le ralentissement et le bruit assourdissant des voyageurs quand le T.G.V circulait sous un tunnel.

Éponge de toilette et éponge de vaisselle : l'éponge synthétique est fabriquée sur une base structurelle identique que l'éponge naturelle.

Soie d'araignée et gilet pare-balles : La soie d'araignée peut supporter jusqu'à quarante fois son poids. Des recherches sont en cours pour synthétiser une matière analogue pour des gilets pare-balles.

**Scénario :** les élèves s'interrogent sur la nécessité pour les ingénieurs, les designers de se tourner vers les biologistes pour résoudre un problème technologique. La séquence peut porter sur la conception d'un objet issu de leur environnement scolaire (table, chaise, crayon, trousse...) ayant comme propriétés des analogies formelles et fonctionnelles avec un élément naturel provenant du monde animal ou végétal.

Ce projet peut se concrétiser avec le professeur de technologie qui accompagne les élèves dans la confection ou le prototypage.

**Références :**ArchiLab :

Joris Laarman, *Bone Furniture*, 2006

BIOTHING (Alisa Andrasek et Jose Sanchez), *Bloom*, 2012

## Niveau : terminale BAC Pro Métiers de la Mode

**Piste d'étude :** nature et mode.

**Scénario :** lors d'un travail d'observation en plein air, les élèves sont invités à représenter, par le dessin, des insectes en privilégiant le rendu des textures, des couleurs et des détails. Les élèves font des recherches personnelles sur un insecte pour comprendre ses propriétés formelles et structurelles. Ils réalisent une planche de croquis annotés. Les élèves de Terminale Bac Pro proposent ensuite deux tenues vestimentaires, s'inspirant de leur étude d'insecte, pour la collection printemps-été d'un styliste de leur choix.



La réalisation finale peut être effectuée à l'aide d'un logiciel informatique.

#### Références :

Dans ArchiLab :

MATERIALECOLOGY (Neri Oxman), *Imaginary beings mythologies of the not yet*, 2012

(Ay)A Studio (Jorge Ayala), *Cabinet de curiosités post-digitales*, 2013

Iris Van Herpen, *Hybrid Holism*, 2012

## Niveau : première Littéraire Arts Plastiques

### Séquence interdisciplinaire - Sciences et Arts Plastiques

**Piste d'étude :** la division cellulaire ou mitose.

**Scénario :** À partir d'images scientifiques montrant la division cellulaire, l'élève doit questionner la relation de l'image au temps. Les élèves s'approprient différents outils numériques (appareil photographique, vidéo) ou graphiques (dessins sur logiciels informatiques, crayons graphites, etc.) pour la mise en œuvre plastique de leur projet. Celui-ci doit questionner le temps et l'espace comme composantes de l'œuvre tout en esthétisant les observations scientifiques : montrer les passages cellulaires, jouer sur les couleurs, les effets graphiques et travailler l'aspect esthétique de la division des cellules. Le choix de la mise en espace de ses productions accentuera le sens donné au projet.

#### Références :

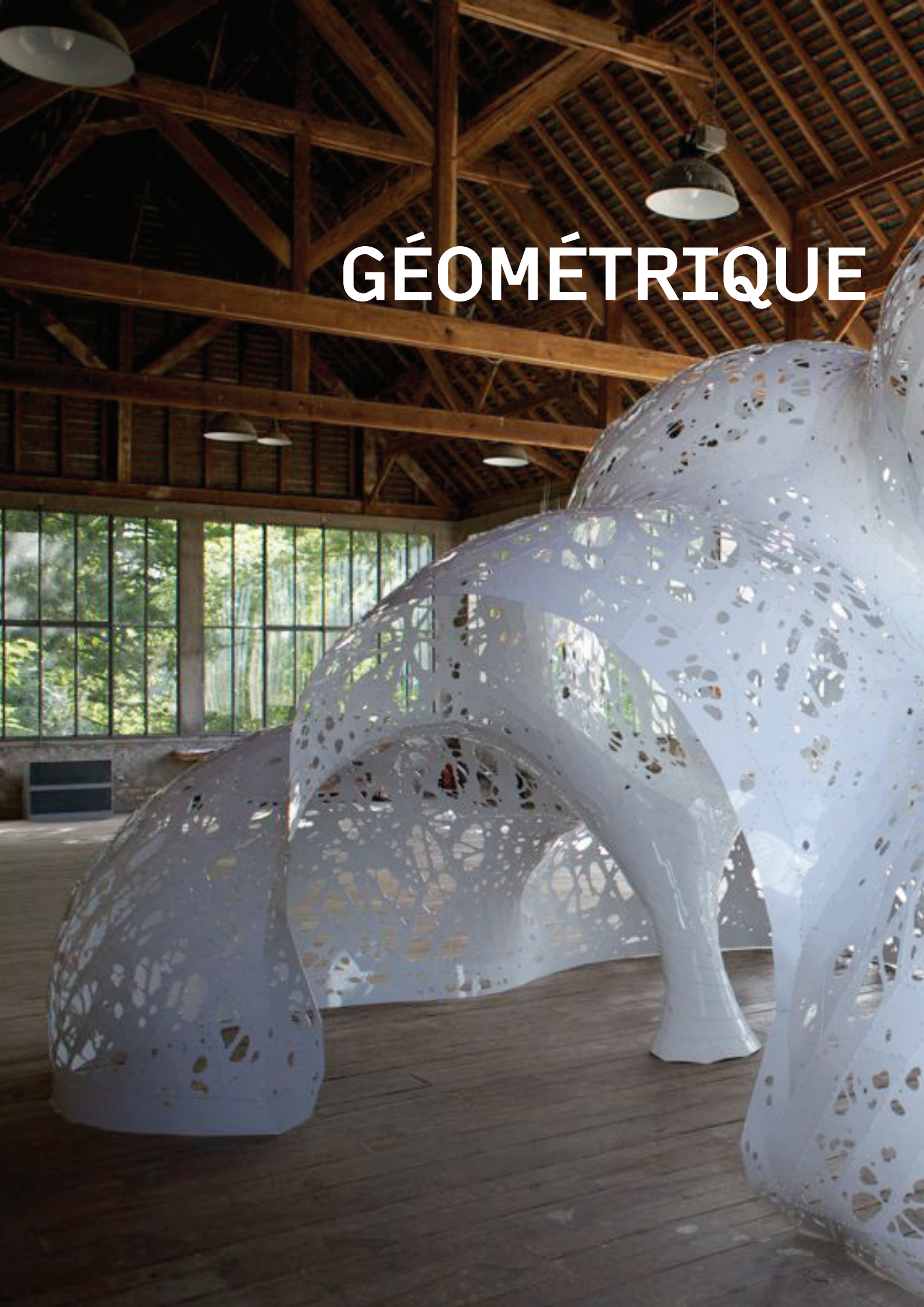
ArchiLab :

Casey Reas, *Microimage Software*, 2002

Matsys (Andrew Kudless), *Chrysalis III*, 2012



# GÉOMÉTRIQUE



## Introduction

Depuis l'introduction des outils digitaux dans le champ de l'architecture, au tournant des années 1990, conception et fabrication font partie d'une même chaîne numérique. Architecture, ingénierie et sciences des matériaux convergent dans une même approche et offre une réinterprétation de la géométrie, définie à partir de nouveaux modèles, de nouveaux processus, de nouveaux paramètres, notamment au travers d'une mathématisation de l'espace. Organique et géométrique s'interpénètrent désormais : la géométrie s'ouvre à la complexité. L'innovation est aujourd'hui ancrée dans une nouvelle forme de pragmatisme constructif.

Le recours à la fabrication robotique offre des perspectives nouvelles à l'architecture. En 2011, [Gramazio & Kohler et Raffaello d'Andrea](#) réalisent ainsi au Frac Centre la première performance mondiale de robots volants constructeurs. Avec le concept de « matérialité numérique », ils défendent l'idée selon laquelle le numérique doit se confronter à la réalité construite et matérielle.

La nature et les sciences (biologie, physique, etc.) offrent aujourd'hui de nouveaux modèles aux architectes. L'étude de l'auto-organisation de la matière vise à mettre en œuvre une architecture performante et optimisée.

D'autres architectes explorent le comportement des cellules humaines ([Jenny Sabin](#)) ou celui des structures moléculaires, afin de concevoir une architecture adaptative, capable de réagir aux conditions environnementales.

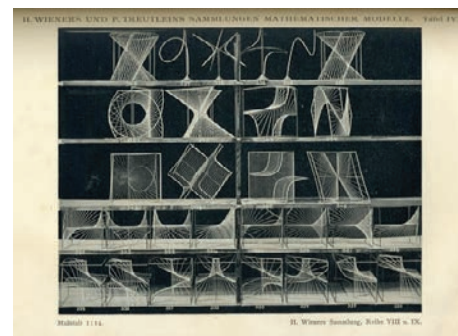
A l'instar de la biologie synthétique, des neurosciences ou de la physique, la question est ici : « Comment reprogrammer la matière à travers toutes les échelles ? » ([Skylar Tibbits](#)).

L'architecture pourrait-elle un jour s'autoconstruire, se réparer, se transformer, comme un matériau vivant et organique ?

## Donner forme au calcul

Parmi de nombreux autres exemples très célèbres, la **Tour Eiffel** de l'ingénieur Gustave Eiffel édifée en 1889 est l'expression de calculs. La tour Eiffel est en effet l'image de calculs dont l'objectif est la résistance aux efforts du vent. Eiffel souhaitait que sa tour de 1000 pieds de hauteur puisse résister au vent. Sa courbe parabolique, les poutres et treillis métalliques apparents constituent l'œuvre elle-même et cette apparence est le résultat de calculs.

« Eh bien ! je prétends que les courbes des quatre arêtes du monument telles que le calcul les a fournies, qui, partant d'un énorme et inusité empatement à la base, vont en s'effilant jusqu'au sommet, donneront une grande impression de force et de beauté. »  
(Gustave Eiffel)



## Entre arts et sciences : les sculptures mathématiques

La transcription d'une formule ou d'un algorithme en un objet en trois dimensions n'est pas nouvelle : exposées à l'Institut Poincaré à Paris, plusieurs « sculptures mathématiques » représentent des équations différentielles ou des fonctions, et concrétisent des abstractions scientifiques. En 1936, certaines ont d'ailleurs été exposées en tant qu'œuvres d'art dans le cadre de l'« Exposition Surréaliste d'objets ». Man Ray en réalise une série photographique qu'il édite dans la revue Cahiers d'art, à côté d'un essai de Christian Zervos sur les mathématiques et l'abstraction. André Breton, fasciné par ces objets, cherchait à l'époque à établir un parallèle entre les démarches artistiques et scientifiques. Certains modèles servaient aussi à de possibles applications dans les domaines de l'art et de l'industrie. En outre, la fascination qu'ils ont exercée provient de l'analogie troublante qu'on peut établir entre ces « sculptures mathématiques » et des formes humaines ou animales.



Objectile, Sans titre, 1991-1998

## De nouvelles modalités de construction

Depuis son avènement dans les années 1980, la technologie numérique fonde, non seulement le processus, mais également la logique de production d'un produit, qu'il s'agisse d'un objet ou d'une architecture. On ne trouve plus la séparation qui existait jusqu'alors entre la conception d'un côté, et la fabrication de l'autre. Désormais, une même chaîne numérique lie l'ensemble des modules informatiques selon le principe dit « du fichier à la fabrication » (*from file to factory*). L'agence [Objectile](#) fut la première en France à appliquer de nouvelles logiques de conception

et de production de l'architecture. L'objet obtenu est la résultante littérale du modèle informatique (v. glossaire), c'est-à-dire qu'il est l'image de calculs.

Aujourd'hui, le calcul permet d'aller plus loin en fournissant une image fidèle de nombreux processus naturels. C'est le scientifique John von Neumann, à la fin de la seconde guerre mondiale, qui fut l'initiateur des automates cellulaires, machines autorépliquatrices dont le comportement rappelait celui des organismes vivants. On remarqua aussi que la dynamique des suites mathématiques simples ressemblait à celle des populations biologiques de par leur caractère fluctuant et imprévisible.

L'agence [EZCT](#) travaille à de nouvelles modalités concrètes de construction, « augmentées » par la robotisation. L'idée est d'utiliser les géométries récursives (répétitives) bio-inspirées afin d'optimiser l'usage de la matière, ici du béton, et obtenir des propriétés inédites en croisant qualités des matériaux et propriétés de la géométrie : réduction du volume et densité de la matière employée.

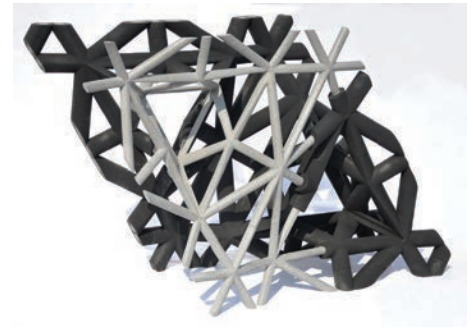
## Automatiser la construction

### Architecture et robotisation

[Gramazio & Kohler](#) systématisent dans leurs projets de murs et de façades paramétriques l'automatisation de la construction par l'usage de robots aériens programmés et non pas téléguidés. **Flight Assembled Architecture** est la première structure construite par des robots volants programmés qui transportent puis assemblent des modules jusqu'à ériger une structure architecturale. En recalculant à chaque seconde leur position, ils sont capables de réagir à la position de la brique, à la position des autres robots en mouvement, ainsi qu'à l'emplacement sur lequel ils doivent se rendre.

### Architecture et autoassemblage

Skylar Tibbits de l'agence [SJET](#) transpose à l'échelle de l'architecture le principe d'auto-assemblage existant au niveau moléculaire. Plutôt que de construire selon un mode traditionnel avec des unités disjointes assemblées par un bâtisseur, Tibbits imagine des structures composées d'éléments programmés susceptibles de s'assembler par eux-mêmes. L'idée est donc d'intégrer au sein même des matériaux une logique passive d'assemblage automatisé, ce qui permettrait de nombreux avantages depuis la limitation de la force de travail et du temps nécessaires à la fabrication



EZCT, *Studies in recursive lattices*, 2013



Gramazio & Kohler et Raffaello d'Andrea, *Flight Assembled Architecture*, 2011



Sjet, *4D Printing: Multi-Material Shape Change*, 2012

jusqu'à la suppression des contrôles de validité. Cette méthode permettrait aussi de programmer des matériaux capables de changer de caractéristiques en fonction des sollicitations environnementales.

## Architecture et matériaux

### Process numérique et nouveaux matériaux

L'évolution des structures va de pair avec l'évolution des matériaux. La révolution industrielle du XIX<sup>ème</sup> siècle a introduit des matériaux reconstitués comme le fer, puis le béton armé et précontraint. Cherchant à rejoindre le domaine du vivant, l'évolution actuelle tend vers des composites (v. glossaire) à base de colles, de fibres de verre, de carbone, de fibres polyamides et métalliques. De nouveaux bétons voient également le jour, composés de poudres ultrafines ou de microfibres.



Jenny Sabin, *Eskin*, 2013.

### Matériaux et performativité

Des *smart materials*, « matériaux intelligents », changent leurs caractères physiques ou leur aspect selon les conditions de chaleur, d'humidité, de pression, de pollution, selon leur exposition à la lumière, à des ondes électromagnétiques ou à tout autre stimulus. Ceux-ci résultent de l'introduction de molécules nanométriques dans des matériaux classiques (bois, béton, acier) ou encore de traitements de surface modifiant les caractères physiques ou optiques, comme c'est le cas avec le projet **Eskin** de [Jenny Sabin](#). Réalisé en bois composite, le projet de [Achim Menges](#) (**Hygroskin, Meteorosensitive Pavilion**) reprend quant à lui le principe de la pomme de pin dans laquelle la présence d'eau dans la trame des rainures du bois modifie la distance entre chaque microfibre, provoquant alors la fermeture ou l'ouverture des écailles avec les changements de température et le taux d'humidité.



Achim Menges, *ICD/ITKE Research pavilion*, 2011.









# GÉOMÉTRIQUE

PISTES PÉDAGOGIQUES

# École

## Niveau : cycle 2

**Piste d'étude :** maison écailles.

**Objectifs :** observer un élément de la nature, imiter les formes géométriques d'un cône.

**Scénario :** dans un premier temps, les élèves observent des pommes de pin (forme, taille, couleur, matière) et les dessinent en montrant tous les détails. L'enseignant évoque la particularité des écailles qui se déploient ou se rétractent selon le taux d'humidité. Ensuite, les élèves imaginent un habitat évolutif par une série de dessins ou de collages qui montrent les étapes de cette évolution (par exemple, un habitat qui s'ouvre et se ferme comme une pomme de pin).

**Références :**

ArchiLab :

Achim Menges, *Hygroskin*, 2013 ; Achim Menges, *Meteorosensitive Pavilion*, 2011

# Collège

## Niveau : troisième

### Séquence interdisciplinaire entre Arts plastiques et SVT

**Piste d'étude :** une structure dermatologique

**Objectifs :** observer l'architecture de la peau en SVT ; s'inspirer des propriétés de la peau humaine pour inventer une habitation ; se servir des outils numériques (vidéo, appareils photographiques, informatique).

**Scénario :**

SVT : observation de la structure de la peau pour comprendre son processus de réparation. Les élèves légendent une coupe de peau et apprennent à différencier et à comprendre l'épiderme, le derme et l'hypoderme. Le derme est essentiellement constitué d'une protéine appelée collagène qui élabore le tissu cicatriciel pour réparer les coupures et les écorchures. Le derme permet une certaine mobilité et une très forte résistance à la traction, et assure donc à la peau sa résistance et son élasticité. Le professeur poursuit la leçon sur la manière dont l'organisme peut se protéger des agents étrangers et comment la peau joue ce rôle de filtre par un renouvellement continu des cellules.

Arts Plastiques : Imaginer un habitat « dermatologique ». Les élèves inventent une architecture dont la structure aurait les mêmes propriétés de réparation et de protection que celles de la peau humaine.

**Références :**Dans ArchiLab :

Achim Menges, *Meteorosensitive pavilion*, 2012

Jenny Sabin, *Eskin*, 2007-2013

Iris Van Herpen, *Collections haute couture*, 2008-2012

## Niveau : sixième

### Séquence interdisciplinaire entre Arts plastiques et SVT

**Piste d'étude :** habitat cellulaire.

**Objectifs :** observer les cellules au microscope, expérimenter la peinture.

**Scénario :**

SVT : observation des cellules. Les élèves prélèvent un fragment de l'épiderme de l'oignon pour l'observer au microscope. D'après leurs observations, les élèves légendent le dessin d'une cellule (noyau, cytoplasme et membrane).

Arts Plastiques : de la cellule à la macro-structure. Sur de grandes feuilles blanches ou des cartons, les élèves peignent, à grands coups de pinces, des cellules de manière à rendre visibles les trois éléments constitutifs de ces dernières. Ils peuvent jouer sur les couleurs et la matière peinture (saturation, contraste, empâtement). Toutes les peintures sont assemblées, juxtaposées et fixées entre elles pour former une structure. Les élèves s'approprient ce nouvel espace par des photographies et un petit film. Des histoires sont inventées afin de donner une fonction à cet objet étrange.

**Références :**ArchiLab :

Jenny Sabin, *Eskin*, 2007-2013

Perry Hall, *Vidéos*, 2012

## Niveau : troisième

**Piste d'étude :** un module, des variations.

**Objectifs :** travailler des combinaisons de volumes ; adapter un principe à une fonctionnalité et à une échelle.

**Scénario :** à partir de la multiplication de morceaux de sucre, l'élève cherchera des combinaisons possibles qui mettront en jeu des principes qu'il sera capable de nommer : rotation, translation, décalage, alternance, plein/vide, effet miroir, inversion... Schémas et croquis viendront fixer les solutions trouvées. En fonction de ce qu'il aura réalisé, l'élève imagine une application possible de son « montage » : architecture, objet, tissu urbain.

# Lycée

## Niveau : terminale

### Histoire des Arts

**Piste d'étude** : mesure et architecture.

**Objectifs** : comprendre comment la géométrie peut servir différentes phases du projet ; faire des choix et conduire une idée à travers une démarche cohérente ; s'appuyer sur des références issues de diverses époques (histoire des arts).

**Scénario** : le projet d'architecture agit toujours par des dimensions et par la manière de les répéter et de les regrouper pour établir des relations contrôlées entre elles. Parler de proportions, c'est parler de rapports, de rapports justes. À regarder les projets d'architecture, à lire les discours des architectes sur leur production, on remarque la position centrale et particulière qu'occupe la géométrie. Depuis l'Antiquité, le corps humain est la « mesure de toute chose » et assure l'harmonie des proportions : la géométrie peut être utilisée comme outil de conceptualisation : elle permet l'appréhension de l'espace et les manières de se le représenter mentalement. La géométrie peut être utilisée comme outil de figuration : elle sert à l'architecte dans ses dessins à géométrie projective ; la géométrie sert dans le travail de projet. L'architecte utilise des figures géométriques (carré, cercle...) qui ont pour lui valeur de modèle.

## Niveau : terminale

### Arts plastiques

**Piste d'étude** : modules/modulations

**Objectifs** : comment tirer parti des potentialités créatrices, fonctionnelles, structurelles, symboliques de la répétition et de ses variations ? Acquérir de l'autonomie dans la conduite d'un projet.

**Scénario** : le travail consiste pour l'élève à rechercher un module et d'explorer des principes combinatoires : rythmes différenciés, inversions, orientations changeantes, changement d'échelle du module, etc. On peut ensuite inviter l'élève à imaginer que, dans un système modulaire et répétitif ennuyeux, un élément perturbateur (un virus, un accident, une erreur de programmation) s'est immiscé. Celui-ci va engendrer de la variation et de la singularité parce qu'il a endommagé soit le module de base, soit la régularité de sa répétition, soit les deux. Le but est ensuite de trouver des justifications fonctionnelles au projet qui doit s'inscrire dans un champ des arts plastiques ou du design.

# DU MICRO AU MACRO



# Structure et ornement sur la surface / dans la surface

Traditionnellement et dans tous les domaines des arts et arts appliqués, l'ornement vient localement se rajouter à une surface dans le but d'embellir, de décorer, de communiquer ou de séduire mais aussi de structurer et d'articuler différentes parties d'un objet ou d'une architecture. L'ornement se compose d'éléments individuels, des motifs, qui alternent et se répètent en des systèmes simples ou plus complexes. L'architecte et théoricien romain Vitruve emploie le mot « ornement » pour désigner les frises, ordres, chapiteaux, volutes, entrelacs, etc. qui organisent, rythment et articulent les surfaces et les volumes.

Les rapports entre l'ornement et l'objet sur lequel il s'appose vont être source de nombreux débats, notamment à partir de la fin du XVIII<sup>e</sup> avec les nouveaux modes de production industrielle. L'ornement devient souvent le moyen de masquer, parfois à outrance, une matière brute, et son caractère superflu et mensonger est condamné. Pour Eugène Viollet-le-Duc, Henry Cole ou Gottfried Semper, celui-ci doit être subordonné à la structure du bâti.

La nature qui, de tous temps et dans toutes les cultures, a inspiré la création de motifs ornementaux, devient au XIX<sup>e</sup> siècle « la » source de l'ornement dans les arts décoratifs. Mais dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les réactions face à ses excès se font vives. De l'Art Nouveau qui s'attache à concilier structure et décor, au refus catégorique de l'ornement par Adolf Loos qui préfère les structures rationnelles et nues (*Ornement et crime* paraît en 1908), on rejette l'ornement superflu, masquant la vérité de la structure et des matériaux. De Stijl, le Bauhaus, les représentants du Style international revendiquent ce concept au travers d'objets et d'architectures rationnelles aux formes géométriques pures compatibles avec une société industrielle en plein essor.

Les années 1960 et le goût pour des formes rondes et acidulées et, plus tard, le post-modernisme des années 1980, désavouent l'esthétique moderniste et accordent à l'ornement une place cruciale. Celui-ci vise l'hybridation et le métissage en empruntant à de multiples sources populaires ou culturelles (Alessandro Mendini, Robert Venturi, [Ettore Sottsass...](#)).

Avec les technologies numériques, la question de l'ornement se réaffirme dans les productions et la théorie architecturales. Alors que l'ornement traditionnel était placé en des endroits spécifiques pour articuler deux parties par exemple, aujourd'hui, il résulte de calculs et se déploie sur des façades entières par répétition de motifs à différentes échelles ; bien plus, il est intrinsèquement lié à la structure, il n'est pas sur la surface mais dans la surface et abolit de fait la distinction traditionnellement faite entre structure et ornement.

## Paroles d'architectes

« L'ornement complète la forme. Il en est le prolongement et nous reconnaissons le sens et la justification de l'ornement dans sa fonction. Cette fonction consiste à structurer la forme et non à "orner" », **Henry van de Velde**

« L'évolution de la culture est proportionnelle à la disparition de l'ornement dans les objets utilitaires », **Adolf Loos**, in *Ornement et Crime*, 1908

« À la différence de la surface picturale qui présuppose toujours l'existence d'une limite constituée par le périmètre même du tableau à l'intérieur duquel le message visuel s'organise comme une unité, la surface décorative présuppose des limites infinies et contient en chacune de ses plus petites parties la totalité de l'information comprise dans l'ensemble du système, puisque y est contenu le signe singulier qui se voit répété à l'infini. », **Andrea Branzi**, in *La casa calda*, 1985

« Les formes décoratives qui seront obtenues numériquement n'auront guère à voir avec les méthodes pré-industrielles, et le c de notre décora(c)tion évoque à la fois le jeu de rôles lié au résultat et la dimension apparemment temporelle du numérique », **Mark Goulthorpe** in *Decoi Architects*, 2007

## L'échelle et l'ornement

Avec la programmation informatique, les architectes conçoivent des objets qui, semblant dépourvus d'échelle évidente, pourraient aussi bien s'apparenter à un objet de design qu'à une structure monumentale. Les proportions du bâti, de la structure ou de l'objet se trouvent transformées par leur traitement ornemental. Dans les projets présentés, l'ornement questionne l'échelle de plusieurs façons.

### Itérations à diverses échelles

[Michael Hansmeyer](#) s'appuie sur le principe de la subdivision cellulaire pour réaliser ses projets. L'ornement, qui ici aussi fait partie intégrante de la matière, compose des milliers de facettes différentes. On est pris ici entre le désir de reculer pour avoir une image complète de la structure complexe et celui de se rapprocher afin de percevoir la magnificence baroque des détails.

La répétition variée des motifs composant la structure, peut donc provoquer des effets quasi hypnotiques. Presque animés d'une vie propre, les graphiques obtenus par l'artiste [Marius Watz](#) dans la série **Grid Distortion** résultent d'un processus auto-génératif de distorsion d'une grille qui aboutit à des systèmes filaires d'une grande complexité.

### Adaptabilité du motif à plusieurs échelles

Comparons les couverts de [Isaie Bloch](#) au **Pavillon de musique** proposé par la même agence. Dans les deux cas, la matière semble avoir été étirée, voire déchirée en autant de trous irréguliers. D'un projet à l'autre, le même principe engendre des motifs différents mais totalement apparentés et applicables dans un objet de design ou dans un bâtiment.

### Le motif et la disparition des repères

Dans l'immeuble de [Faulders Studio](#), il n'est pas possible de repérer de l'extérieur la répartition des niveaux, ce qui est une baie et ce qui n'en est pas, la résille couverte de sel abolissant toute hiérarchie traditionnelle. À l'idéal rationaliste qui donnait à lire l'organisation du bâtiment depuis ses façades extérieures, répond une architecture traitée comme une manifestation vivante d'un phénomène naturel au comportement évolutif.



Michael Hansmeyer, *Subdivided columns*, 2010



Marius Watz, *Grid Distortion*, 2008.



Eragatory, *Cutlery Set*, 2012



Eragatory, *Music Pavillon*, 2011



## Motifs, comportements et systèmes génératifs

Depuis les Panneaux d'[Objectile](#) (collection Frac Centre), depuis la notion de décora(c)tif développée par [dECOi](#) ou celle de structure « armée » de [Dagmar Richter](#) (**Dom-In(F)O House**, collection Frac Centre), les architectes s'appuient sur la capacité des logiciels à générer automatiquement des motifs répétés et variés. Le motif ne se trouve plus sur la surface mais il est inscrit en elle, il s'assimile à la surface et en « arme » la structure. Ainsi, les surfaces et les structures étalent non seulement des motifs complexes et non répétitifs s'organisant en vastes compositions ornementales, mais ces mêmes motifs vont jusqu'à adopter des comportements assimilables à ceux du vivant.

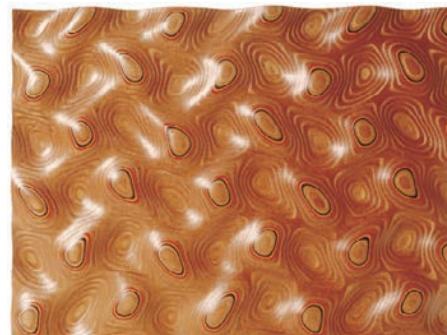
Dans les projets présentés à ArchiLab s'affirme ainsi une nouvelle pensée de l'ornement. Celui-ci se confond toujours à la structure comme dans le projet de [Gage Clemenceau](#) (**Estonian Academy of Art**), où les parois du bâtiment s'ajourent comme une dentelle à l'image de savants claustras.

Chez [Achim Menges](#) (**Hygroskin, Meteorosensitive Pavilion**), la structure ornementale est véritablement décora(c)tive comme le dirait [Mark Goulthorpe](#), puisque chacun des modules réalisé en matériau composite s'ouvre ou se ferme en fonction du taux d'hygrométrie ambiante. L'ornement/structure peut aussi évoluer « naturellement » en suivant les variations environnementales du site. Dans **Geotube** de [Faulders Studio](#), la reproduction artificielle de phénomènes naturels (cristallisation saline) engendre, ici aussi, une architecture s'assimilant à un phénomène naturel.

## Numérique et artisanat : de nouvelles potentialités ornementales ?

À la fin des années 1970 en Italie, l'idée d'un « nouvel artisanat » intégré au secteur de l'industrie apparaît. Le studio Alchymia, par exemple, produit des petites séries expérimentales de pièces uniques, dont l'objectif est de renouveler le répertoire du design industriel. Depuis les années 1990 et le développement des technologies numériques, les créateurs repensent les principes répétitifs de standardisation. Aujourd'hui, dans la mesure où l'architecture et le design proposent des productions uniques à partir de la déclinaison d'un même système, se pose la question d'un nouvel « artisanat » possible, qui définirait des « objets » situés entre fabrication numériques et finition main.

Affect, volupté et sensualité sont des qualités de surfaces que



Objectile, Sans titre, 1991-1998



DR\_D, Dom-In(F)O House, 2002-2003



Gage Clemenceau, Estonian Academy of Art, 2008.

les architectes recherchent afin de pallier le caractère lisse des formes industrielles. Les effets de surface obtenus par le déploiement de motifs ainsi que les matériaux choisis influent particulièrement sur notre appréhension sensible des objets et des bâtiments. Les membres de [Cmmnwealth](#) cherchent précisément à concilier un design conçu au moyen des technologies de pointe et un retour à des procédés de finition artisanale. L'intérieur raoux des lampes de la série *Seltanica*, pourtant obtenu numériquement, renvoie à une surface qui semble avoir été malaxée à la main. Le résultat obtenu crée une ambiguïté entre ce qui est technologique et ce qui est artisanal et c'est là précisément que vient se loger la volupté pour l'agence.

[Iris van Herpen](#) conjugue elle aussi les techniques artisanales de la haute couture et les outils numériques de pointe (impression 3D). Elle propose des robes radicalement nouvelles aux volumes étranges qui évoquent des univers organiques complexes. Le prototypage rapide, par exemple, autorise des dessins digitaux extrêmement complexes qui produisent des structures faites de centaines d'unités différentes. La qualité ornementale et sophistiquée du vêtement provient de la multitude de ces éléments ensuite liés entre eux de façon artisanale.

De la même façon, avec **Polymorph : Digital Ceramics**, [Jenny Sabin](#) explore de nouveaux processus de génération de formes, où géométrie et matérialité sont intrinsèquement liées. Ici, 1300 modules à la géométrie complexe sont assemblés manuellement pour composer une structure aérienne.



Cmmnwealth, *Seltanica*, 2011.



Jenny sabin, *Polymorph: Digital Ceramics*, 2013.



# **DU MICRO AU MACRO**

**PISTES PÉDAGOGIQUES**

# ÉCOLE

## Cycle 3 : CM2

**Piste d'étude :** plier, déplier, assembler, contextualiser.

**Objectifs :** comprendre et réaliser des figures d'origami ; différencier un plan d'un volume ; connaître les formes géométriques de base ; comprendre les rapports d'échelle entre deux objets.

**Matériaux :** papier, modèles d'origami, ciseaux, ruban adhésif, appareil photographique.

**Scénario :** l'enseignant propose, dans un premier temps, des jeux d'origami par la création de petits objets géométriques (pochette, boîte, etc.) ou d'animaux et de fleurs. Puis, chaque élève invente son propre pliage. Par photomontage, il propose ensuite deux échelles différentes de sa production : un objet à petite échelle (accessoire de mode, petits objets, etc.) et une structure de grande échelle (architecture, sculpture monumentale, etc.). C'est le contexte que l'élève va choisir qui définira l'échelle.

**Références :**

ArchiLab :

Akihisa Hirata, *Bloomberg Pavilion*, 2011

## Cycle 3 : CM2

**Piste d'étude :** motifs et assemblage.

**Objectifs :** appréhender la notion de motif ; créer un volume et lui donner une fonction ; s'interroger sur son environnement et l'écologie.

**Matériaux :** fil de fer très fin, feuilles de couleur, feuilles blanches, ciseaux, agrafeuses, appareil photographique.

**Scénario :** l'activité commence par l'observation et la description des ornements et des motifs présents dans l'architecture environnante (reliefs, niches, frises, etc.). Les élèves dessinent ensuite un motif floral ou végétal de leur choix (des visuels sont mis à leur disposition ou des photographies réalisées lors d'une balade dans un jardin à proximité de l'école). À partir des dessins et de la stylisation de l'élément végétal choisi, ils découpent la forme dans un papier coloré ou blanc pour créer une guirlande par répétition du même motif. Par groupes, ils assemblent ensuite leurs guirlandes en un volume qui doit avoir un rôle écologique et bienfaiteur pour l'environnement (exemple : un abri pour insectes égarés, une capsule dépolluante, un piège à allergie, un capteur de pollen, etc.). Les productions sont ensuite installées dans l'école. La pratique se termine par un travail d'écriture sur la fonction de ce volume.

**Références :**

ArchiLab :

Gage/Clémenceau Architects (Mark Foester Gage et Marc Clemenceau Bailly), *Estonian Academy of Art*, 2008

# COLLÈGE

## Niveau : troisième

### Séquence interdisciplinaire Mathématiques et Arts plastiques

**Piste d'étude :** fractales.

**Objectif :** amener les élèves à repérer et comprendre les fractales dans les objets du quotidien ; prendre en compte les acquis des Mathématiques pour réaliser une production artistique.

**Scénario :** dans un premier temps, les élèves observent des objets de la vie quotidienne ayant une structure fractale (cartes d'une côte maritime à différentes échelles, des visuels d'une fougère et des agrandissements de ces images ainsi qu'un chou romanesco). Les élèves peuvent trouver d'autres éléments dans la nature qui auraient les mêmes propriétés (une éponge, des poumons, des vaisseaux sanguins, du corail, etc). Ils apprennent qu'un objet autosimilaire est un objet qui conserve sa forme, quelle que soit l'échelle à laquelle on l'observe. L'enseignant présente une fougère mathématique, la courbe et le flocon de neige de Koch ou l'éponge de Menger et demande aux élèves de retrouver l'élément naturel auquel ces figures ressemblent. Ce travail de découverte des fractales peut se clore par une suite d'agrandissements sur l'ensemble de Mandelbrot.

En Arts plastiques, les élèves se servent des visuels distribués en mathématiques pour dessiner un habitat dont la structure est composée uniquement d'une même forme qui se répète à des échelles différentes. Ce travail peut s'effectuer en informatique par la numérisation d'un dessin ou d'une photographie d'un élément fractal.

**Références :**

ArchiLab :

Akihisa Hirata, *Bloomberg pavilion*, 2011

Gage / Clemenceau, *Estonian Academy of art*, 2008

## Niveau : troisième

### Séquence Arts plastiques en salle informatique, SVT

**Piste d'étude :** virus.

**Objectif :** observer et comprendre les virus et les maladies qui y sont liées ; manipuler un logiciel de retouches d'images en salle informatique ; créer, produire, donner du sens à une image.

**Scénario :**

SVT : Observation de micro-organismes et exemples de maladies infectieuses.

Les élèves examinent au microscope des micro-organismes non pathogènes (bactéries de yaourt, la paramécie, la moisissure de pain) et des micro-organismes pathogènes (virus de la grippe, la staphylocoque doré, des champignons). Le professeur réalise des captures numériques des micro-organismes vus au microscope et les élèves font des croquis d'observation. L'activité, accompagnée du chapitre étudié sur le risque infectieux, est poursuivie en informatique par une recherche documentaire sur les méthodes de prévention et de lutte de contamination ainsi qu'une collecte d'images numériques sur les virus.

Arts Plastiques : contamination

Le collège est contaminé : les élèves proposent, à partir de différentes photographies, une contamination de leur établissement. Le photomontage est réalisé à partir des images de virus trouvées. L'architecture devient hybride et

tend vers un objet mutant.

#### Références :

##### ArchiLab :

Eragatory, *Music Pavilion*, 2011

Cmmnwlt. (Zoé Coombes et David Boira), *Seltanica serie*, 2011-2012

##### Autre :

Design : Merrick, Daan Van Den Berg, 2013

# LYCÉE

## Niveau : seconde

### Option MPS (méthodes et pratiques scientifiques)

**Objectif** : se familiariser avec les démarches scientifiques autour de projets interdisciplinaires

#### Pistes :

##### Proposition d'activité pour reconnaître le nombre d'or dans la nature

1-Observation à l'œil nu d'une pomme de pin, d'une fleur à pétales, ananas, brocolis, etc.

2-Chercher les nombres de Fibonacci consécutifs pour chaque élément

3-À partir de différents exemples de fleurs, réalisation sur ordinateur de courbes ou spirales logarithmiques.

##### Proposition d'activité pour comprendre le processus de création dans la nature par les fractales

1-Observation (fougère, flocon, brocolis, poumon) à l'œil nu ou par des images

2-Étude de la structure de base qui se reproduit sur chaque partie des éléments et dont les régularités se répètent à différentes échelles.

3-Étude de cas simple : triangle de Sierpinsky ou flocon de Koch pour l'étudier de manière mathématique.

L'enseignant peut mettre en lien les activités mathématiques et l'étude d'œuvres architecturales et d'objets de l'exposition Archilab.

#### Références :

##### ArchiLab :

Biothing, *fissures*, 2012

Akihisa Hirata, *Bloomberg pavilion*, 2011

Gage / Clemenceau, *Estonian Academy of art*, 2010

## Niveau : terminale BAC PRO

### Métiers d'art et artisanat

### Projet interdisciplinaire : Technologie – Arts Appliqués – Mathématiques

**Piste d'étude** : du motif naturel ou artisanal à l'objet numérique.

**Objectif** : imiter une texture naturelle ou réalisée manuellement ; concevoir un objet en PAO.

**Scénario** : les élèves choisissent une texture naturelle (toile d'araignée, alvéole de ruches, etc.) ou faite main (broderie, tressage de laine, etc.). À partir du motif repéré, ils créent un objet du quotidien (chaise, lampe, ustensile, etc.).

Ils conçoivent l'objet sur un logiciel de modélisation 3D. Les élèves élaborent leur projet, de la commande à la présentation finale, par la réalisation de tous les documents techniques exploitables pour les techniciens de la chaîne de fabrication.

**Références :**ArchiLab :

Eragatory, *Music pavilion*, 2011

Cmmnwealth, *Série Seltanica*, 2011-2012

Gage / Clemenceau, *Estonian Academy of art*, 2010

Federico Diaz, *Resonance*, 2007

Dans la collection du Frac Centre :

Objectile, *Panneaux*, 1991-98

dECOi, *Aegis Hypo-surface*, 1999







# MÉTA-ÉCOLOGIE

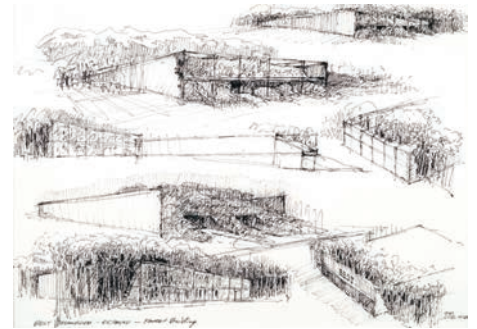
## Au-delà de l'architecture verte

Le réchauffement planétaire et la dégradation du milieu naturel sont devenus à partir des années 1960-70 des enjeux politiques majeurs. L'architecture a dû remettre en cause certains de ses principes pour se saisir des possibilités de construire du durable (v. dossier pédagogique [Écologies. Approches critiques](#)). Les architectes ont alors défini de nouvelles stratégies d'interventions qui pensent le paysage, le site et l'homme en même temps.

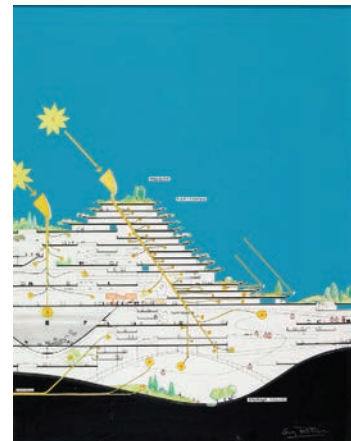
Dès les années 1970, en pleine crise pétrolière, Paolo Soleri développe son concept d'« arcologie » (architecture et écologie) dans un projet de « ville du futur » située en plein désert de l'Arizona, **Arcosanti**. Envisageant la ville comme un écosystème, il tente de pallier les problèmes énergétiques et consacre ses recherches à des dispositifs utilisant l'énergie solaire. Au même moment, [Guy Rottier](#), en France, se tourne lui aussi vers un urbanisme solaire et développe le projet **Ecopolis** (1972). Avec l'héliophysicien Maurice Touchais, il met au point les « lumiducs », des tubes à parois intérieures réfléchissantes qui, reliés à un miroir capteur, permettent d'éclairer des volumes aveugles et profonds et, en conséquence, de réduire la pollution.

Dans son ouvrage *L'architecture verte* (2002), [James Wines](#) explore les différentes approches de l'architecture dite écologique et plaide pour une conception qui, au-delà des solutions techniques apportées, chercherait à réconcilier l'homme avec la nature. Si la démarche environnementale consiste, pour un bâtiment, à maîtriser ses impacts sur l'environnement et à mieux gérer sa consommation d'énergie, l'architecture verte procède avant tout pour Wines d'une vision philosophique du monde. Avec le magasin **BEST Forest Building** (Collection Frac Centre, 1975), son agence SITE fait disparaître la structure bâtie dans la végétation laissée libre d'envahir le nouvel édifice.

Nombre de bâtiments « verts » se sont érigés partout dans le monde, des maisons individuelles ou des complexes géants, neutres en carbone mais aussi producteurs d'énergie ou d'eau potable. Depuis la « végétalisation » des bâtiments jusqu'à la mise en œuvre de leur « réactivité » à l'environnement, les architectes cherchent à établir une continuité directe entre le construit et la nature. Conçue par [Édouard François & Duncan Lewis](#), la **Station de Traitement des Eaux** à Nantes (Collection Frac Centre) transforme un site fortement pollué par une décharge vieille de trente ans en immense jardin et tend à effacer le bâti au profit de la végétation.



SITE (James Wine), *Forest Building*, BEST, Richmond, Virginie, 1978.



Guy Rottier, *Ecopolis*, ville solaire, 1970



Édouard François & Duncan Lewis, *La station de traitement des eaux*, Nantes, 1994.

Des murs verts, naturels et artificiels, intensifient l'ambiance de « jungle » exprimant la fertilité d'un sol reconquis d'où toute végétation était absente auparavant.

Pour l'agence [R&Sie\(n\)](#), l'architecture doit activement participer à son environnement. Avec **(Un) Plug Building** (Collection Frac Centre), François Roche propose une façade productrice d'électricité. Grâce à des cellules photovoltaïques et des tubes capteurs thermiques, le bâtiment peut être branché (*plug*) ou débranché (*unplug*) du réseau électrique urbain en fonction des besoins et des périodes de l'année. Cette réactivité à l'environnement, la **Maison H** en Corse (collection Frac Centre) de [Jakob + MacFarlane](#) l'explore aussi par l'emploi de matériaux organiques et réactifs, des capteurs et des moteurs qui auraient permis à cette maison de bouger avec le climat et la vie de ses habitants.

C'est ce rêve d'une architecture qui réagirait par elle-même, comme une plante, aux paramètres extérieurs que les projets qui suivent tentent d'atteindre.

## Vers une architecture intelligente

### Architecture et biotechnologies

Développant un discours critique vis-à-vis de l'approche dite « durable », les architectes exposés mettent en œuvre des stratégies spécifiques en vue de dépasser l'idée traditionnelle d'écologie. La maîtrise, dans l'architecture, de principes de formation et de croissance propres au domaine du vivant, inaugure une approche de la nature qui doit se comprendre aujourd'hui comme indissociable de l'artifice, de la production technique et technologique. Ainsi, plutôt que d'adjoindre du « vert » sur les bâtiments existants, on recompose, on recrée l'organique de façon artificielle dans l'architecture et ce, à l'aide d'outils hyper performants qui conduisent à une architecture en relation physiologique directe avec son contexte.

Considérée comme un organisme désormais « performatif », l'architecture est capable d'interférer directement avec les conditions matérielles de son environnement et de s'y adapter comme le font en permanence les êtres vivants dans la nature. De « durable ou « passive », l'architecture se fait « naturelle » et active.

Afin d'améliorer les performances énergétiques d'un bâtiment, les architectes se rapprochent des principes de la nature. [soma](#) par exemple optimise la ventilation naturelle par un ensemble de lamelles métalliques qui oscillent comme les branchies d'un poisson. Simulant le principe de la pomme de pin, le pavillon de



R&Sie(n), *(Un) Plug Building*, Tour EDF, Paris, 2001.



Jakob+MacFarlane, *Maison H*, Propriano, 2002.



soma, *One Ocean*, Thematic pavilion Expo, Yeosu, 2010 - 2012

[Achim Menges](#) (**Hygroskin**, **Meteorosensitive Pavilion**) réagit « naturellement » aux sollicitations extérieures grâce à une étude poussée et une amplification des propriétés et du comportement du bois composite.

D'autres projets s'attachent à recréer une nature, cette fois mixte, faite d'éléments véritablement naturels mais aussi d'éléments artificiels. L'agence [Plasma Studio](#) conçoit, avec les **Flowing Gardens**, tout un système de réseaux performants de collecte des eaux de pluie, de drainage et d'irrigation du parc qui entremêle l'eau, les plantes, les circulations, les températures, les constructions et les usagers en une nouvelle écologie. De la même façon, [Matsys](#), avec le projet **Sietch Nevada**, imagine un urbanisme en sous-sol qui s'organiserait à partir d'un réseau de canaux.

Les architectes sont ainsi à la recherche d'architectures qui fusionnent des écosystèmes artificialisés et des infrastructures d'information électroniques. Le projet **Aqueotrope** de [servo](#) est lui aussi exemplaire de cette orientation actuelle. Dans un vivarium traditionnel, différents milieux sont séparés par des cloisons. Or, dans sa proposition, servo décide de les supprimer et de les remplacer par un système artificiel qui crée les conditions optimales pour que des espaces à micro-climats diversifiés soient possibles.

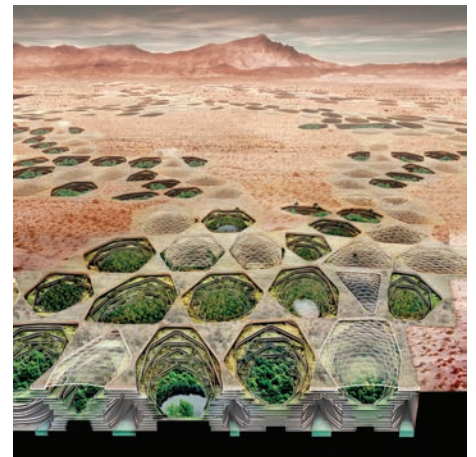
## Une architecture performative

Réactive, vivante, l'architecture reprend à son compte la capacité des êtres vivants à s'adapter à leur environnement et à modifier leur structure si nécessaire. [Jenny Sabin](#) établit une réciprocité entre comportements cellulaires et morphogénèse architecturale. Par exemple, avec **Eskin**, une peau murale hautement performante, l'agence s'inspire du corps humain et de la capacité de nos cellules à modifier leur micro-environnement et à répondre aux variations extérieures avec une dépense énergétique minimale. Les notions d'adaptation, de changement et de performance propres au fonctionnement des cellules humaines s'appliquent ici à l'architecture. À l'aide de nouveaux matériaux et de capteurs interactifs, le film s'adapte à l'environnement et consomme très peu d'énergie, comme les cellules humaines.

Le projet de [Span](#), **Recursive formations**, simule la croissance exponentielle des villes. L'agence explore la capacité des logiciels de simulation à prendre en compte, comme le ferait un organisme vivant, une variété de paramètres environnementaux (circulation, éclairage, couleur, pression atmosphérique, etc.) et à générer un tissu interactif, capable de s'adapter aux changements et aux nécessités d'expansion.



Plasma studio, *Flowing Gardens*, 2009.



Matsys, *Sietch Nevada*, 2009.



servo, *Aqueotrope*, 2011.



Wendy Teo, *Reforming Taipei Main Station*, 2011.

Cette approche, dont l'environnement devient le matériau premier, se retrouve chez [Wendy Teo](#). Dans son projet de réhabilitation de la gare de Taipei, **Reforming Taipei station**, elle intègre aussi bien la chaleur produite par les lignes de transport souterraines que les ressources naturelles – l'eau de la rivière toute proche et les micro-algues – dans une infrastructure nouvelle vouée à assurer l'autonomie énergétique de la gare.

L'agence [B+U](#) repense également le « durable » en exacerbant les qualités des paysages urbains existants. Leurs projets s'appuient sur la transformation, dans le fonctionnement même du bâtiment, des forces énergétiques, sonores et magnétiques puisées dans l'environnement. En collaboration constante avec des ingénieurs et des consultants spécialisés en structure, en mécanique et en énergie, B+U mise sur les matériaux composites. Dans le projet **Animates Apertures**, ils exploitent le potentiel des échanges énergétiques qui se produisent entre l'environnement naturel et le bâtiment par le biais des fenêtres orientées dont les longues tiges flexibles réagissent aux forces environnementales tels que le soleil et le vent pour les transformer en énergie et assurer son autonomie à l'immeuble.

Au-delà du bâtiment isolé, c'est la ville entière qui est concernée par cette possible autonomie. La **Fresh City** de [X-TU](#), totalement ouverte aux flux environnementaux, se dote de dispositifs dépolluants et producteurs d'énergie biologique par photosynthèse. L'usage du béton drainant en façade, apte à recevoir des espèces xérophiles colonisatrices, les murs-rideaux équipés de systèmes de culture de micro-algues, sont destinés à produire les carburants assurant l'autonomie énergétique de la ville.



B+U, *Animates Apertures*, 2013.



X-TU, *Fresh City*, 2010





# MÉTAÉCOLOGIE

## PISTES PÉDAGOGIQUES

# ÉCOLE

## Niveau : cycle 2 / CE1-CE2

**Piste d'étude :** maison vivante.

**Objectifs :** comprendre l'évolution d'une plante ; imiter la pousse d'un végétal ; représenter par le dessin ; faire preuve d'imagination.

**Matériaux :** graines de plantes (radis, haricot, cresson, petit pois, lentille), terre, cailloux, sable, coton, papier buvard, journal et différents pots. Feuilles blanches et crayons.

**Scénario :** l'enseignant apporte toutes sortes de graines pour faire pousser des plantes et observer leur cycle de vie. Chaque élève observe et décrit l'évolution de son végétal pendant plusieurs jours. En parallèle de ce travail de botaniste, les élèves s'inspirent du développement de leur plante pour inventer une maison « vivante » qui aurait les mêmes propriétés que le végétal mis en terre. Chaque matin, le dessin évolue selon la pousse, les racines ou les couleurs de la plante. La maison se déploie en une série de dessins représentant une habitation qui naît, vit et meurt.

**Références :**

ArchiLab :

B+U (Herwing Baumgartner et Scott Uriu), *Animated Apertures*, 2012

Faulders Studio, *Geotube*, Dubaï, 2009

Achim Menges, *Research Pavilions*, 2010

Dans la collection du Frac Centre :

Guy Rottier, *Maison évolutive « escargot »*, 1965

## Niveau : cycle 3 / CM2

**Piste d'étude :** où vivrons-nous demain ?

**Objectifs :** comprendre et connaître le monde aquatique ; observer, décrire et commenter ; inventer, créer, représenter

**Matériaux :** visuels marins (mammifères, plantes, eau, roches...) ; feuilles, crayons, peinture.

**Scénario :** les élèves font des recherches sur des espaces aquatiques : animaux, plantes, paysages marins, etc.

L'enseignant questionne les élèves sur l'écologie et les accidents climatiques (montée des eaux, tsunami, etc.) et évoque les déplacements de population. À partir d'images marines et de plantes aquatiques (algues, posidonie), les élèves dessinent des habitats capables de s'adapter aux mondes de la mer et des océans. Ils peuvent inventer des moyens de transport, des tenues, des voies de circulations en tenant compte du paysage aquatique. Cette pratique graphique peut se prolonger par la réalisation de maquettes et de textes.









# Glossaire

\* Glossaire élaboré à partir notamment de l'ouvrage *MateriO, Materiology* (Frame Publishers Amsterdam et Birkhäuser, 2009)

## **Algorithme :**

Un algorithme est une suite logique d'opérations déterminées qui permet de résoudre un problème présenté de façon mathématique. Certaines familles d'algorithmes comme les « algorithmes génétiques » s'inspirent de processus naturels (croisements, mutations, sélection, etc.) pour mettre au point de nouveaux modèles d'optimisation.

## **Bétons Ultra haute performance :**

Ces matériaux sont généralement composés de ciment, de sables et poudres ultrafines comme les fumées de silice. Certains incluent aussi des microfibres : ce sont alors des bétons fibrés ultra performants. Les BUHP offrent des résistances en compression et en flexion exceptionnelles ainsi qu'une grande ductilité.

## **Béton fibré :**

On peut augmenter la résistance mécanique du béton de ciment (mélange de ciment, de granulats, d'eau, d'adjuvants et d'air) en incorporant des fibres dans sa composition. On évite alors les armatures de béton armé et on facilite la mise en œuvre du béton. Fibres métalliques, fibres de verre, fibres polymères voire fibres végétales viennent renforcer la matière et modifier la performance du béton, comme pour tout matériau composite. Le béton fibré se fissure moins, et résiste aux chocs.

Certains bétons deviennent extrêmement flexibles par adjonction de microfibres textiles particulières dans une formulation spéciale de ciment. Le béton se pare aujourd'hui de véritables qualités environnementales. Grâce à l'incorporation de dioxyde de titane dans la formulation classique du béton, les façades de bâtiments réalisés dans ce matériau se transforment en véritables aspirateurs à pollution, par l'action conjuguée de la lumière naturelle et des oxydes de titane. Des réactions photo-catalytiques permanentes décomposent les salissures, nettoient la surface, purifient l'air...

## **Biomimétisme :**

Le biomimétisme est une démarche qui vise à appliquer à la création humaine les principes qui gouvernent l'apparition, l'organisation et l'évolution des formes naturelles. Certains architectes cherchent à adapter ces lois à leurs propres projets pour engendrer des formes extrêmement variées, en harmonie avec leur environnement et qui répondent mieux à leur fonction.

### **Cellular automata / Automate cellulaire :**

Programme de simulation de comportements à partir d'une population de « cellules » définies artificiellement et placées sur une grille régulière. Celles-ci peuvent prendre différents états et évoluer dans le temps en fonction des états des autres cellules qui les entourent. Les automates cellulaires sont par exemple utilisés pour connaître l'évolution d'un incendie en simulant des feux de forêt.

### **Céramique technique :**

Famille de matériaux à hautes performances, aux duretés exceptionnelles tout en restant fragiles dans certaines conditions. Ces matériaux nouveaux sont constitués d'alumine, de carbure de silicium ou de bore, de titane de baryum, de nitrure d'aluminium, oxyde de béryllium, zircon... Elles se retrouvent en poudres et en fibres pour des charges et matrices de matériaux composites ; en éléments d'addition dans des colles ; etc. Les céramiques techniques ont des qualités de grande dureté, résistent à l'usure et aux frottements, résistent à de hautes températures, résistent à la corrosion... et ont des affinités avec notre corps ; elles peuvent remplacer nos os et disparaître quand la nature reprend ses droits.

**Composite** : Un matériau composite exploite et combine les propriétés favorables de plusieurs matériaux. Un matériau composite est constitué d'une matrice et d'un matériau de renfort. Ces deux composants ne doivent avoir a priori aucune, ou très peu, d'affinités chimiques, de façon à ne pas créer de faiblesses ou de fragilités à la jonction entre matière et renfort. Les renforts peuvent être des fibres de verre, des fibres de carbone, de polyamides ou métalliques...

### **Computation :**

Souvent associée à l'outil informatique, le terme « computation » signifie calcul. L'architecture computationnelle fait référence à l'utilisation de l'ordinateur comme outil de génération mathématique de la forme plutôt que comme simple outil de représentation.

### **Frittage :**

Réalisé à partir de poudre compressée chauffée au-dessous du point de fusion, le frittage est un procédé qui concerne surtout les céramiques et les métaux. L'objet y est fabriqué pièce à pièce. Le frittage sans liant est utilisé pour les métaux, le frittage avec liant pour les céramiques (l'eau).

Cas des métaux : la poudre est très fortement compressée dans une matrice. La préforme obtenue est alors chauffée au-dessous du point de fusion, phase durant laquelle les grains de matière se soudent entre eux.

**Impression 3D :**

Les imprimantes 3D déposent de la matière en forme de poudre par couches de 0,1 mm pour créer des objets en 3 dimensions en quelques heures.

**Low-tech :**

Peut être traduit littéralement par technologie pauvre, en opposition à *high-tech*, haute technologie. Ce terme renvoie à un usage simple, économique des outils, des machines et des techniques contemporaines.

**Modèle informatique :**

L'architecture numérique se définit par le fait que le projet est conservé sous une forme codée dans une mémoire d'ordinateur ; le modèle informatique d'un objet, appelé « maquette » virtuelle, est la représentation informatique d'un objet dans ses trois dimensions. Ce modèle permet la simulation d'actions (on peut le représenter sous tous les points de vue, on peut s'y déplacer, y faire des coupes...) sans avoir à fabriquer l'objet. Toute modification engendrant de nouveaux calculs, de nouvelles évaluations fonctionnelles et techniques, la manipulation du modèle informatique facilite ainsi, à moindre coût, les modifications et les améliorations.

**Modélisation paramétrique :**

Technique de description et de modification de la géométrie d'un objet en fonction de paramètres, et dont la forme évoluera ensuite grâce à la manipulation et à la variation de ces contraintes.

**Morphogenèse :**

Ensemble des lois gouvernant le développement des formes. Issue des sciences naturelles, où elle s'applique à la croissance des organismes, la notion est également utilisée en architecture.

**Production non standard :**

Dans le domaine des mathématiques, l'analyse non-standard est basée sur l'exploration de l'infiniment petit. Exploitée en architecture et en design, elle permet la génération de formes à la fois variées et continues qui remettent en cause la fabrication industrielle d'objets standard en ouvrant à la production en masse d'objets singuliers.

**Prototypage rapide :**

Le prototypage rapide est un moyen de fabrication rapide de modèles et prototypes à partir de l'image numérique de l'objet. Utilisé d'abord dans les industries aéronautique, automobile, etc. il permet,

dès le début de la conception, de vérifier la validité de l'objet. Récemment, les architectes se sont emparés de ces techniques soit pour la fabrication de leurs maquettes, soit pour la production de pièces échelle 1. Pour fabriquer un prototype, il faut tout d'abord que la géométrie de la pièce soit définie par un fichier CAO. Le modèle volumique est ensuite facettisé selon un format appelé STL et enfin tranché, chaque tranche définissant une section qui sera réalisée par la machine de prototypage rapide (micro-fraisage rapide) puis assemblée à toutes les autres pour la fabrication finale du modèle physique.

**Script :**

Suite d'opérations informatiques écrites dans un langage spécifique, dit « langage de script », qui permet de générer une ou plusieurs actions successives.

**Stéréolithographie :**

Avec ce procédé apparu au milieu des années 1980, l'objet est fabriqué couche par couche, ce qui permet d'obtenir des pièces complexes d'une grande précision, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'objet. Une machine à laser pilotée par un ordinateur, projette son faisceau à la surface d'une résine photosensible qui, au contact du faisceau, se polymérise. Le mouvement se répète section par section tous les 0,07 mm.

**Systèmes génératifs :**

Des systèmes génératifs sont des systèmes « computationnels » qui recourent aux algorithmes et à une méthode mathématique et automatisée pour générer des objets ou des comportements et les visualiser.

**Système multi-agents :**

Un système (un processus, un robot, un être humain, etc.), dans lequel une population d'éléments appelés « agents », dotés d'une relative autonomie, opèrent de façon collaborative. Ils accomplissent ainsi des tâches qu'aucun d'entre eux n'aurait pu accomplir seul : les résultats sont le fruit de l'interaction entre les éléments. Inspiré en partie de phénomènes naturels comme les fourmilières, le principe a été étendu au domaine de l'intelligence artificielle.

**Textiles aux effets changeants :**

Il s'agit de textiles capables de changer les effets de surface, à l'instar des ailes de papillon, selon divers procédés (structure des fibres, impressions, dépôts multicouches...). Certains textiles sont capables d'analyser et de reproduire à l'identique un environnement grâce à des pigments changeants par exemple. Des textiles puisent dans le vivant pour des modèles d'imperméabilisation en imitant, par exemple, à l'échelle nanométrique, la structure des feuilles de lotus.



Courtesy Jakob+MacFarlane - photo : Nicolas Borel (2012)

## FONDS RÉGIONAL D'ART CONTEMPORAIN DE LA RÉGION CENTRE

Depuis 1983, chaque région de France est dotée d'un Fonds Régional d'Art Contemporain dans le cadre d'un partenariat avec le Ministère de la culture et de la communication. Les missions d'un Frac sont la constitution d'une collection d'art contemporain, mettant l'accent sur la création actuelle et sa diffusion en région, en France et à l'étranger.

En 1991, le Frac Centre oriente sa collection sur le rapport entre art et architecture. Le Frac Centre se tourne alors vers l'acquisition de projets d'architecture expérimentaux et prospectifs des années 1950 à aujourd'hui. Cette collection comprend aujourd'hui quelque 600 œuvres d'artistes, 800 maquettes d'architecture et 15 000 dessins dont de nombreux fonds d'architectes.

En septembre 2013, le Frac Centre s'installe sur le site des subsistances militaires à Orléans, qui accueille ArchiLab. Rencontres internationales d'Architecture d'Orléans depuis sa création en 1999. Cette opération de réhabilitation architecturale, réalisée par les architectes Jakob+MacFarlane et portée par le maître d'ouvrage, la Région Centre, en coopération avec l'Etat, l'Europe (au titre du FEDER) et la Ville d'Orléans, permettra aux Turbulences - Frac Centre de continuer à se développer dans un lieu parfaitement adapté à ses missions et à sa vocation : la diffusion de l'art contemporain et de l'architecture, et de s'affirmer comme un laboratoire unique au monde pour l'architecture dans sa dimension la plus innovante. Le programme comprend notamment 1 400 m<sup>2</sup> dédiés aux expositions, une salle de conférences, un espace pédagogique ainsi qu'un centre de documentation.

**Président** François Bonneau  
**Directrice** Marie-Ange Brayer  
**Administrateur** Léonor Martin  
**Chargée de la Programmation** Emmanuelle Chiappone-Piriou  
**Directeur technique** Ludovic Lalauze  
**Chargée des expositions et de la communication** Amélie Evrard  
**Chargée de projet** Aurélie Joulain  
**Assistante administrative** Marie Madrolles  
**Secrétaire de direction** Marine Bichon  
**Chargé de la recherche et des éditions** Aurélien Vernant  
**Chargé des collections** Emmanuel Bosca  
**Médiateur des nouvelles technologies** Paul Laurent  
**Régisseurs** Benjamin Baudet, Loïc Prat  
**Service des publics** Lucy Hofbauer, Gilles Rion  
**Professeurs missionnés par le rectorat de l'Académie d'Orléans-Tours** Géraldine Juillard, Nadine Labedade  
**Chargés d'accueil** Arlette Sallé, Antoine Dupont

### Les Turbulences - Frac Centre

88 rue du Colombier  
45000 Orléans  
02 38 62 52 00- [contact@frac-centre.fr](mailto:contact@frac-centre.fr)  
[www.frac-centre.fr](http://www.frac-centre.fr)

**Service des publics**  
02 38 68 32 25  
[publics@frac-centre.fr](mailto:publics@frac-centre.fr)



Le Fonds Régional d'Art Contemporain du Centre est financé principalement par la Région Centre et le Ministère de la Culture et de la Communication (Direction Régionale des Affaires Culturelles du Centre).