



Mémoire de Master
Janvier 2014

Directeur de mémoire
Christian Girard

L'émancipation de la dentelle:

Une technique aux prises avec le numérique, leçons
pour une autre matérialité architecturale

Marie Lhuillier

Marie Lhuillier

Mémoire de Master
Digital Knowledge
Janvier 2014

Directeur de mémoire
Christian Girard

 Résumé	ii
Hypothèses	5
Introduction	9
1. Remarques autour de la dentelle	15
1.1 Un tournant radical	15
1.2 La matière informée	23
1.3 Evolutions multiples	37
2. Développement de la pratique	45
2.1 Au temps de la dentelle à la main	45
2.2 L'accession de la mécanisation	47
2.3 L'avènement de la robotique	51
3. Protocole expérimental	67
3.1 Description du projet	67
3.2 Technique requise	71
3.3 Tests physiques	77
Conclusion	83
Annexes	85
Bibliographie	91

Résumé

Dans le cadre du séminaire de recherche *Digital Knowledge*, l'intérêt pour l'usage de la robotique dans la pratique architecturale s'est renforcée par la découverte d'un art qui a vu disparaître sa pratique artisanale au profit d'une mécanisation de la production : la dentelle.

La question posée est alors : Comment appréhender la technique de la dentelle de manière digitale ? Quels sont les champs d'applications ciblés ?

La dentelle est souvent moins perçue comme technique sophistiquée que parure ornementale ancienne ou dessous chic féminin. Elle fait pourtant bien partie de ces techniques manuelles qui, au cours du XIXe siècle, a vu sa production basculer de l'artisanat à l'industrie, sans pour autant s'affranchir de sa raison d'être : «utopiser» le corps.

A partir de la deuxième moitié du XXe siècle, la dentelle n'est plus réservée qu'aux dessous féminins, et devient un matériau pour certain, une technique pour d'autres, inspirant l'avant-garde artistique.

L'avènement inévitable de la robotique au XXIe siècle, qui s'insère dans de nombreux domaines d'applications, ne pourrait ne pas épargner la dentelle. Le robot, pourrait aisément permettre à la dentelle, du point de vue du matériau aussi bien que de la technique, l'émanciper de la surface, de l'ornement, et ouvrir une nouvelle voie pour cette industrie qui a toujours su s'adapter aux évolutions industrielles et sociétales.

Imaginer un protocole expérimental, entre dentelle et robotique, laisserait entrevoir des possibilités de convergence future entre ces deux techniques que tout semble opposer.

Mots-clefs : dentelle, robotique, computation, architecture, matière, matériau, code, information

Hypothèses

Hypothèse 1

Note concernant le concept de beauté utilisée: «C'est que l'ornement se présente comme le tendon d'Achille de la pensée lorsque celle-ci prend pour terrain l'architecture. En effet, depuis les *Dix Livres* de Vitruve, l'architecture force la pensée à poser le problème de la convergence des trois faisceaux, sources ou catégories de valeurs: le Beau, le Bien et le Vrai. Entendons-nous bien: il n'est pas question de discuter immédiatement de la nature de chacun de ces trois pôles de valeurs. Libre à chacun de poser sa propre définition du Beau, du Bien et du Vrai. Ainsi Vitruve propose aux architectes les trois principes suivants : firmitas (solidité), utilitas (utilité), et venustas (beauté). En première lecture, Vitruve ramène donc le Vrai à une question d'efficacité technique: la solidité, d'autre part il réduit le Bien à une valeur d'utilité ou d'adaptation à la fonction, tandis que le Beau semble conserver son acceptation la plus large.»¹

Si l'architecture tend aujourd'hui à retravailler les matières, celles-ci prenant le pas sur le matériau brut, la question de l'ornement en architecture est de nouveau requestionnée. Mais celui-ci ne semble plus capable d'apporter un signe distinctif au projet et le retour sur la scène architecturale de l'idée de beauté, laquelle finalement a toujours été au cœur de l'art de bâtir, se traduit par la matière elle-même.

Hypothèse 2

Si le rapport à la matière apparaît comme résistant au concept de forme², poursuivant ses propres propriétés, elle peut alors donner naissance à un processus, contrairement à une forme déjà disponible. L'approche, tournée vers les matériaux révèle les possibilités inattendues, intrinsèques à la matière. Les matériaux utilisés seront ceux ayant dernièrement bénéficiés d'évolutions technologiques récentes, à savoir les composites textiles. En effet, il s'agit d'un secteur qui semble illustrer le plus radicalement le remaniement de la matière.

¹ Cache (Bernard).-*Terre meuble* (Orléans, Editions HX, 1997) première édition : *Earth Moves* The Furnishing of Territories (Cambridge, MIT Press, 1995), p.83

² Collectif, *Imaginaire technique*, les cahiers de la recherche architecturale « De la forme à l'informe »

Hypothèse 3

L'évolution de la technique de conception de la dentelle sera rendue possible grâce aux innovations technologiques. L'intervention de robots type ABB aura pour but de proposer une réponse au problème culturel lié à la conception robotique actuelle pour l'architecture: celle-ci, appliquée au tissage, tressage, et au textile en général est, en effet, bien plus développée que pour l'architecture.

Les composites étant formés d'une matrice et d'une fibre, il serait théoriquement possible de créer un maillage et lui faire adopter n'importe quelle forme après rigidification, générant alors un espace architectural. Un logiciel (Wisetex) sera ensuite capable de générer le placement des fibres au préalable afin d'obtenir un espace optimisé.



1. Une dentellière honfleuraise, 1825
A. Dibosc éditeur, Commes (Calvados)
Collection particulière

Introduction

L'industrie dentelière

Dentelle : Tissu ajouré constitué par l'entrelacement de fils formant un fond de réseau sur lequel se détachent des motifs décoratifs³.

Dans les années 1530-1540 commence à se répartir dans toute l'Europe la technique de la dentelle. Le goût pour la blancheur et la transparence est lié à l'apparition de cette technique particulière. Plusieurs types de points sont inhérents à la dentelle, dont les découvertes nous proviennent de pays multiples : Italie, France et Angleterre. En fonction des époques, la pratique se verra muter de l'artisanat vers l'industrie exportatrice soutenue par le pouvoir. A partir de 1665, Colbert⁴ permettra le développement de manufactures. Mais la Révolution française marquera un souffle à l'expansion de la dentelle. En effet, à la fin du XVIIIème siècle, la tendance évoluant vers plus de simplicité et il faudra attendre le Second Empire pour faire repartir l'industrie dentelière. A cette période, la mode est synonyme de parrures et grandes pièces, ce qui n'est pas sans déplaire au marcher dentellier. La production s'accélère du fait d'une demande de plus en plus importante. Les ateliers se démultiplient et le travail se morcelle petit à petit puis se mécanise à partir des années 1830.

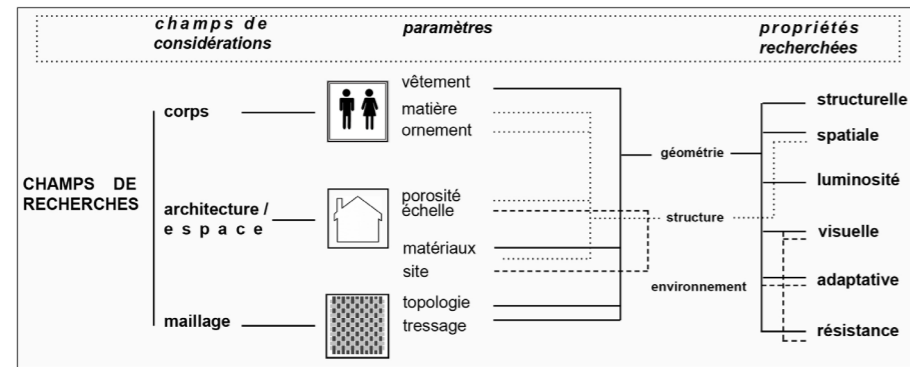
La notion de « démanualisation »

La révolution industrielle du XIXème siècle engendre alors une disparition progressive d'une partie de l'artisanat. En faisant référence aux sculpteurs mycéens qui utilisaient des ciseaux de bronze pour réaliser leurs sculptures, l'architecte, urbaniste et théoricien Nicolas Schoeffer est catégorique: «Les ciseaux en tant que tels ne sont ni significatifs, ni éternels, et chaque époque crée ses propres ciseaux»⁵. Soucieux de mettre en avant les techniques de son temps, son travail consiste avant tout en une vision prospective. C'est ainsi qu'il crée l'arbre généalogique de l'oeuvre dans laquelle il parle de «démanualisation» dans l'oeuvre. En voulant proposer « l'expression d'une aspiration sincère vers un équilibre, une synthèse ordonnée mais libre où tous les moyens de l'artiste créateur se déploieront pour la réalisation des

³ Définition tirée du Larousse

⁴ Jean-Baptiste Colbert, né le 29 août 1619 à Reims, mort le 6 septembre 1683 à Paris, est un des principaux ministres de Louis XIV

⁵ http://fr.Wikipédia.org/wiki/Nicolas_Schoeffer



1. Marie Lhuillier

Champs de recherches et différentes disciplines considérés dans l'étude de la technique de la dentelle pour l'écriture du mémoire

2. Nicolas Schöffer

The making of an animated spatiodynamic sculpture, *CYSP 1*, 1956, PARIS

conditions techniques et esthétiques d'un ordre social supérieur dans lequel l'homme pourra s'épanouir et aura la joie de vivre »⁶. En 1956, Nicolas Schoeffer crée *Cysp 1*, la première sculpture en mouvement et autonome pour un ballet de Maurice Béjart. Ainsi, le premier terme de robot est employé pour définir ce nouveau danseur de type automatique. Il souligne d'ailleurs dans un texte écrit en 1963 et repris dans le «Le nouvel esprit artistique» en 1970, que «l'électricité ou l'électronique s'imbrique aussi bien dans la phase de la création que dans la phase d'exécution et représente bien plus qu'un apport technique, mais bien un processus nouveau qui provoque une texture spécifique»⁷.

Cette texture spécifique, comme matière informée, est un concept qui se développe en parallèle de l'évolution de la robotique.

Les prémices de la robotique

Si les robots étaient déjà naissants et de plus en plus présents au début du 20ème siècle, quand est-il aujourd'hui ? Kevin Kelly, né en 1952, écrivain, auteur de l'article *What Technology Wants*⁸, et photographe, propose une réponse quant à la place que ceux-ci occupent aujourd'hui.

« Here's why we're at the inflection point: Machines are acquiring smarts »⁹

Selon lui, entre autre, les robots sont même voués à remplacer les hommes. En effet, aujourd'hui, l'automatisation tend non plus à assister les humains, mais bien réellement à prendre leur place. Pour le domaine professionnel, elle crée des centaines d'emplois et ce, dans de nouveaux champs d'expérimentation, ceux-ci encore inimaginables au 19ème siècle. Il affirme d'ailleurs qu'à la fin du siècle, soixante-dix pour cent de nos professions actuelles seront remplacées par les robots.

Il s'agirait donc uniquement d'une question de temps, et ce type de changements toucherait les domaines manuels autant que ceux de la connaissance. En effet, selon Kevin Kelly les robots et la plupart de nos machines, possèdent d'ailleurs en eux une intelligence artificielle, que nous ne nommons pas comme telle. C'est la raison pour laquelle il serait donc possible de remplacer n'importe quel employé, qu'il soit médecin, avocat, architecte, journaliste, par les robots, selon l'auteur. L'industrie est néanmoins un des premiers secteurs touché par la robotique qui a tout révolutionné et restructuré.

Pour ce mémoire, dont l'enjeu consiste à faire évoluer la conception de la

6 Architectures expérimentales 1950 – 2012.- Collection du Frac Centre (Orléans, Editions HYX, 2013), p.550

7 ibid.

8 Kevin (Kelly).-*What Technology Wants* [Bargain Price] [Hardcover] (Viking, Adult, 2010)

9 <http://www.wired.com/gadgetlab/2012/12ff-robots-will-take-our-jobs/all/>



1



2

1. Alexander Mc Queen (British, 1969-2010)
Dress
No 13, spring/summer 1999
Courtesy of Alexander Mc Queen

2. Alexander Mc Queen (British, 1969-2010)
Défilé McQueen 2.0, spring/summer 2010
Source: SHOWStudio

dentelle vers une architecture innovante, trois «champs de considérations» semblent intrinsèquement liés à cette technique. Ce sont à travers ces trois domaines qu'il s'agira de comprendre pourquoi et comment celle-ci peut évoluer. Nous verrons plus loin quelles sont les évolutions dans chaque «catégorie» pour tenter d'établir des liens entre ces dernières.

La dentelle à produire n'est donc pas non plus une technique figée et subordonnée à une méthode connue, mais répond à de nouveaux enjeux. L'objectif ici est de requestionner la connaissance d'une technique ancienne, longtemps perçue comme devant être l'analyse de la nature ultime d'une réalité objective. Alors que la mise en oeuvre de la dentelle est un procédé parfaitement connu et maîtrisé, comment peut-on réinterpréter ce savoir-faire? Il ne s'agit pas d'analyser une technique de conception pour la faire évoluer mais plutôt de re-concevoir le modèle et l'agencement des signes par lequel nous sera signifié un nouveau modèle: le mode opératoire passe par l'analyse certes, mais réinterroge la conception: concevoir, puis modéliser. Il s'agit de problématiser la question :

Comment appréhender la technique de la dentelle de manière digitale?
Quels sont les champs d'applications ciblés ?

Si l'on doit questionner une pratique, c'est parce que l'usage de l'objet n'est plus le même qu'avant. La question d'un nouvel usage de la dentelle, autre qu'ornemental, est centrale ici. Nous essaierons alors de saisir l'importance du bouleversement de la technique dentellière, de la main à la machine, vers une inévitable robotisation, après avoir perçu l'importance de son rapport au corps et à l'ornement qu'il est possible d'affranchir pour une connaissance du matériau en soi, une matière informée. Enfin, nous nous concentrerons sur un dispositif expérimental, resté à l'état de protocole, où il s'agira de mettre en place les outils et les comprendre en vue de recherches formelles futures.



1. Dolce et Gabbana

Robe corset et à mi-traine en dentelle de soie, jupe en structure panier, culotte haute en satin de soie et bottines en macramé.

ALTA MODA, Vogue N° 932

1. Remarques autour la dentelle

1.1 Un tournant radical

Du « corps utopique »¹⁰

« Le masque, le tatouage, le fard placent le corps dans un autre espace, ils le font entrer dans un lieu qui n'a pas de lieu directement dans le monde, ils font de ce corps un fragment d'espace imaginaire qui va communiquer avec l'univers des divinités ou avec l'univers d'autrui. »¹¹

Depuis les débuts de l'emploi de la dentelle dans la mode vestimentaire, celle-ci est au service du paraître. Les évolutions stylistiques de la dentelle à la main suivaient de près les changements cycliques de la mode, et continuent encore aujourd'hui à honorer son rôle de parure précieuse de l'éternel féminin. Contrairement au vêtement au sens large, qui revêt une forme utilitaire, la mode plus généralement renvoie à une certaine frivolité, un langage du corps qui change au grès des saisons, de l'inconstance à l'ostentation, du raffinement personnel à l'élégance d'une société.

Ornementation sur toilettes surchargées, la dentelle disparaît peu à peu à partir de la fin des années 1950, et mai 68, pour la France, sonnera le coup d'éclat d'une révolution vers la lingerie fine afin d'accompagner la chute de l'ordre établi et la liberté sexuelle. C'est à partir des années 1970, que la dentelle va reconquérir une clientèle féminine, tournée presque entièrement vers la mode lingerie, pour un nouvel imaginaire érotique. La créatrice Chantal Thomas affirme : « La lingerie est d'abord un état d'esprit et une mode à part entière. Il faut jouer avec les dessous comme avec les vêtements qui se voient. »¹² La dentelle poursuit un chemin parallèle au cycle de la mode, de l'étoffe portée à même la peau pour les deux sexes au dessous érotisés, exclusivement féminin.

La dentelle ne déroge pas à son mythe érotique, sa mise en chorégraphie d'un corps devenu la géographie d'investigations textiles. Elle répond à chaque époque à une vision de la femme, se retire pour laisser apparaître le corps de la figure incarnée. Pourtant, rien n'est en effet moins utopique

¹⁰ Foucault (Michel).- *Le corps utopique* (Editions Lignes, 2009), p.45

¹¹ Ibid.

¹² Ibid



1



2

1. Liz Collins & Gary Graham

Dress, *Pride*, 2002

Drapeaux américains et nylon, machine à tricoter

Dimensions variables

Collection de l'artiste

2. Liz Collins

Sock Monkey Bikini, 2003

Cashmere, merino wool

Dimensions variables

Collection de l'artiste

que le corps, selon Foucault, prison matérielle dont il semble impossible d'échapper. La parure que représente la dentelle, au même titre que le tatouage, le masque, ou le maquillage, transforme le corps en utopie. L'érotisme est alors le plus susceptible d'apaiser un désir du corps de sortir de ses frontières matérielles. La dentelle joue pleinement son rôle d'« utopiser » le corps.

A la vue de son pouvoir subversif, dans son rôle de partenaire intime de l'érotisme débridé à partir des années 1990, la dentelle se radicalise progressivement et l'art de tricoter devient un acte progressivement révolutionnaire dans certains milieux artistiques. Le corps reste le principal médium pour de nouvelles recherches sur le matériau. Liz Collins, artiste et styliste basée à New York, propose en 2002, *Pride*, en collaboration avec l'artiste Gary Graham, une robe déchiquetée et tricotée avec un vieux drapeau américain. Le *Star Spangled Banner* se retrouve alors en lambeaux. La dentelle est ici un moyen artistique à des fins politiques, sur le thème de la place de la femme dans sa société. Ce thème paradoxal, se poursuit dans une autre robe, titrée *Illuminated Veins*, en 2006, où la démarche mélange matière et principe structurel, à l'aide de matériau synthétiques, qui s'enroule autour d'un corps, se tisse tout en tension, et rappelle l'acte sadomasochiste du bondage. Structure, matière et dentelle, dans une vision érotisée et ambiguë de la femme, reste un thème récurrent pour des marques comme Dolce & Gabbana.

Pourtant à partir des années 2000, la dentelle s'émancipe du corps de la femme, et devient un médium autonome, dont de nombreux artistes et chercheurs vont optimiser, détourner, ou encore radicaliser les propriétés

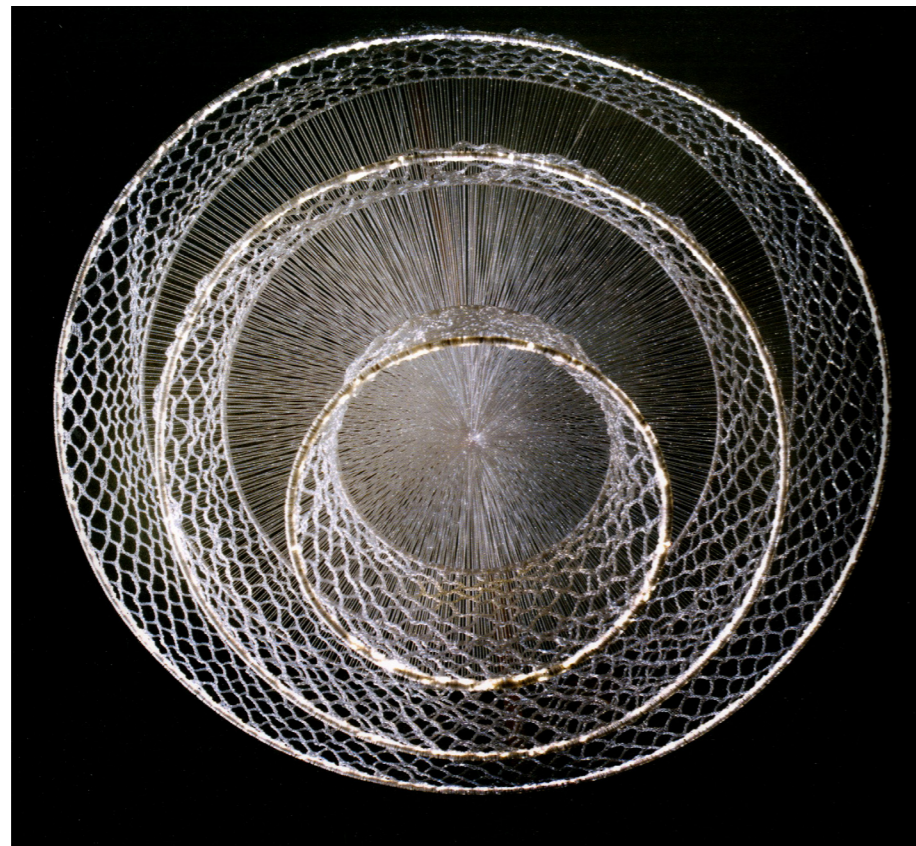
Des mutations radicales

L'ouvrage *Radical Lace*¹³ publié par le Museum of Arts & Design de New York en 2008 illustre bien cette nouvelle vague qui prend comme fondements le processus et le matériau. Pour les artistes présentés dans l'ouvrage, la dentelle n'apparaît plus comme un objet connu, reconnaissable ou même qualifiable. Elle se transforme et ne se restreint plus au seul domaine de la mode, mais s'oriente vers l'installation artistique, ou encore l'architecture. Il ne s'agit pas cependant de créer des dentelles d'architecture qui n'auraient pour seule vocation que le recouvrement de façades, proches d'une controverse de l'ornement dont il n'est pas question ici. Ces nouveaux types de dentelles, actuellement mises en œuvre lors d'installations architecturales, bouleversent l'essence même de la dentelle. Les réformes radicales que subit aujourd'hui la dentelle réévaluent le savoir-faire de la main en tant que moyen de création pour celle-ci.

¹³ Mc Fadden.- *Radical Lace & subversive knitting*, Museum of Arts & Design (New York, Editions ACC, 2007)



1



2

1. Performance at MASS MoCA, North Adams, Massachusetts

The Knitting Machine, 2005

John Deere pelleteuse

Dimensions variables

Collection de l'artiste: Judi Rotenberg Gallery, Boston

2. Niels Van Eijk

Bobine Lace Lamp, Vegas, 2005

Fibres optiques

Dimensions: 2m x 2.5m

Le rêve, Las Vegas, Nevada

La « Machine à Tricoter »¹⁴ est une pièce de Dave Cole qui utilise des engins de chantier ainsi que d'immenses aiguilles à tricoter pour construire des modèles à très grande échelle. Ce travail, qui s'apparente à une performance et destiné à faire partie d'une exposition au MASS MOCA Museum, réemploie la technique traditionnelle de la dentelle pour l'apparenter à une nouvelle pratique tournée vers l'ingénierie.

Utiliser le matériau pour parler sa propre langue. Tous les processus d'accumulation, de combinaison, d'excès, ont pour mot d'ordre une désobjectivation de la traditionnelle dentelle. Celle-ci devient alors propice à la découverte du matériau pour lui-même, à ses flux, à sa temporalité et ses forces. La variation s'exprime par l'écart de tout paradigme formel inscrit d'avance.

Cette démarche est celle que les artistes de *Radical Lace* ont utilisée en choisissant des techniques qui illustrent leur propre vision. Les limites habituellement fixées d'une matière ou d'une technique sont insignifiantes et éventuellement inexistantes. Ces artistes, individuellement et collectivement savent que leurs intentions ne peuvent être réalisées que lorsque leur engagement avec leurs matériaux et les procédés sont réinterprétés. La signification des œuvres réside alors dans le vaste domaine de la diversité quant au rôle des matériaux et des processus. En changeant les perceptions et la compréhension des matériaux, ils ont modifié le support de la traditionnelle fibre en lui donnant une nouvelle importance.

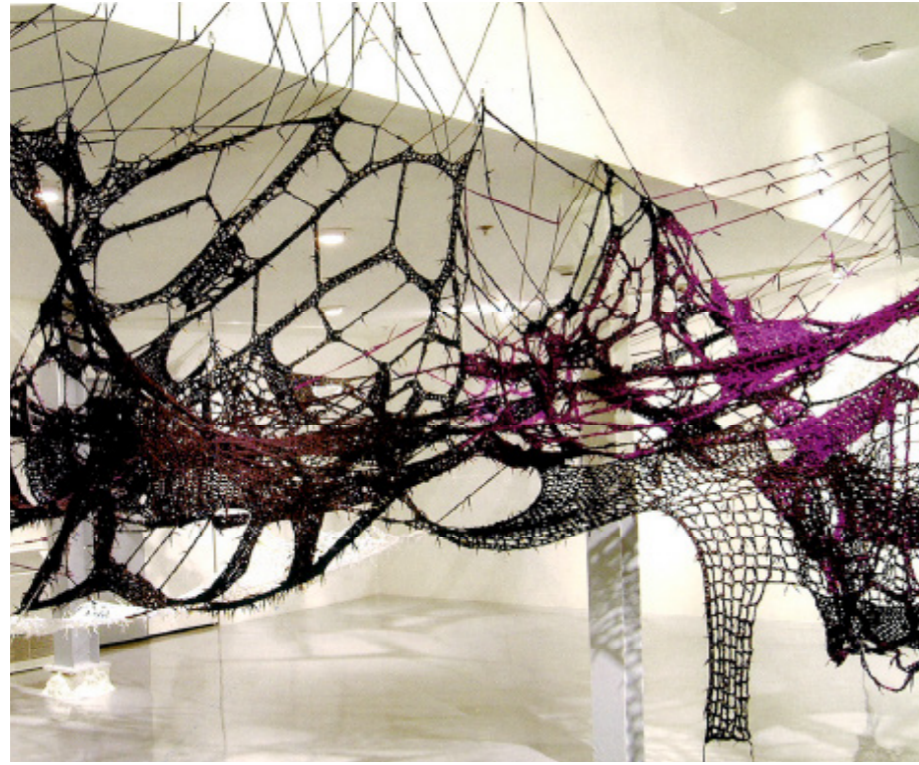
L'artiste néerlandais, Henk Wolvers, travaille avec la couleur en intégrant des colorants dans de fines plaques de porcelaine, alors que d'autres ont choisi de travailler sur de nouveaux systèmes de connexions des fibres. Niels van Eijk, explore ainsi les fibres optiques en portant un grand intérêt au travail de la lumière. Les structures complexes qu'il réalise, grâce à la l'utilisation des fibres optiques, génèrent un entrelacs d'ombres, de lumière et d'effets visuels inattendus.

L'intégration de ces nouveaux paramètres que sont l'échelle, la lumière ou encore les interconnexions sous-jacentes aux matériaux utilisés, souligne l'attrait expérimental d'une technique dans le but d'utiliser le matériau en mettant sa structure au défi.

Une déconstruction créative

Tricot et dentelle sont des processus constructifs dans lequel les fibres sont entrelacées ou nouées dans le but de créer une structure et définir un espace. La dentelle, dans sa définition la plus large, est une structure à partir

¹⁴ *The Knitting Machine, 2005* (performance at MASS MoCA, North Adams, Massachusetts)



1. Sheila Pepe

Under the F&G, 2003
Installation proposée au Visual Art Center,
Richmond, Virginia
Lacets paints
Dimension variables

2. Sheila Pepe

Mind the Gap, 2005
Installation présentée à University Gallery of
Massachusetts
Lacets paints
Dimensions 2.4m x 18.2m x 3m



de fibres qui permet à la lumière de la traverser librement. Un effet qui peut être atteint grâce à une grande variété de techniques de construction, mais aussi de déconstruction.

La déconstruction renvoie évidemment au concept du philosophe français Jacques Derrida, concept qu'il érigea à la suite de la quête de Martin Heidegger vers une déconstruction de la métaphysique. Il en revient à Derrida d'en avoir systématisé la pratique. Cette recherche du « différent » en lieu et place du « différent » trouve alors de nombreuses interprétations diverses et variées telles que la littérature et l'architecture, qui forme alors le courant « déconstructiviste », emprunt de constructivisme russe. Le Déconstructivisme voit son apogée lors d'une exposition au MOMA de New York, par Mark Wigley, en 1988, où l'on retrouve des architectes tels que Frank Gehry, Rem Koolhaas, Daniel Libeskind, Peter Eisenman, Bernard Tschumi et Zaha Hadid. Ces derniers se revendiquent des idées de fragmentation, qu'ils associent à des processus de conception non linéaire, et à des thèmes comme la géométrie non euclidienne, en opposition à l'architecture moderne.

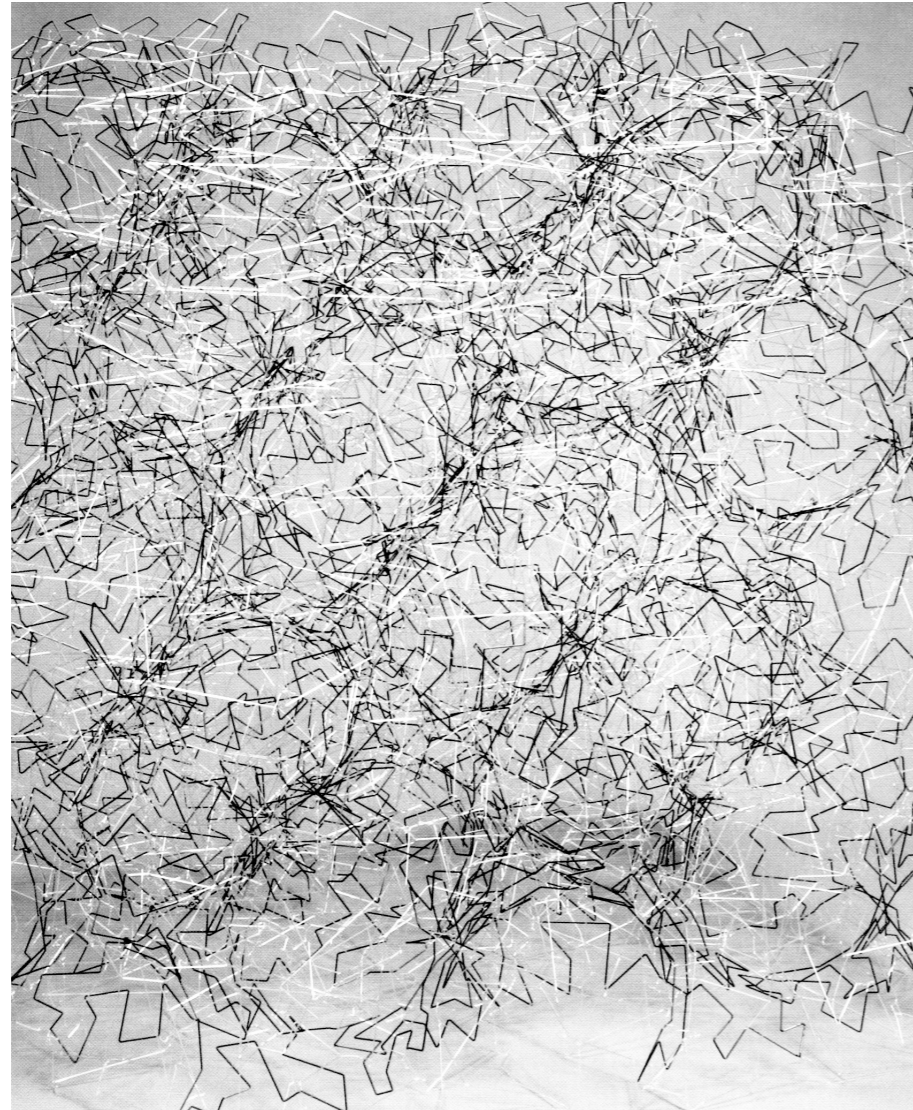
Cette approche spatiale se perpétue encore, bien qu'elle ait laissé de côté, et à raison, les concepts de Jacques Derrida pour sortir de toute ambiguïté et application brutale, et trouver son propre vocabulaire. Toyo Ito en formulant ainsi sa démarche non-linéaire explique : « l'approche moderniste est de décider d'abord quelle est la meilleure solution. On peut alors concevoir le projet en suivant seulement cette voie. Dévier de la solution initiale est mal considéré. Une approche dans laquelle on pense et on conçoit en même temps – une approche dans laquelle on ne peut pas voir ce que la prochaine étape sera avant d'être parvenu à un certain point et dans laquelle on découvre continuellement des espaces inhabituels- est d'un caractère plus contemporain. »¹⁵ Balmond poursuit, quant à lui l'analyse d'Ito pour parler d'une « improbabilité dynamique »¹⁶. Que l'on parle de l'approche philosophique, littéraire, ou architecturale, la « déconstruction » a touché en tout cas le domaine de la mode¹⁷, et plus notamment le médium qui nous intéresse, la dentelle, comme nous pouvons le constater dans les œuvres de Sheila Pepe présentées ci-contre.

L'artiste et mathématicien Bennett Bataille, applique des concepts mathématiques à des formes structurales afin de réaliser des sculptures en verre tissé. Le laçage qu'il emploie lui permet de déconstruire des surfaces minimales qui correspondent à des équations mathématiques inspirées des

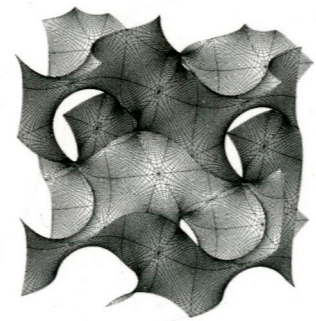
¹⁵ cité par Jacques Lucan, « Opérations contre composition, Forme unitaire et interdépendance des éléments », in *Composition, non-composition : Architectures et Théories, XIX^e-XX^e siècles*, op. cit., p 579.

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Hodge (Brooke).- *Deconstruction and Architecture: conflicting interpretations*, in Collectif, *Skin + Bones : Parallel Practices in Fashion and Architecture*, Los Angeles, The Museum of Contemporary Art.



1



2

1. Bennett Battaile
History, 2005
 Clear and Black frameworkeed glass
 94cm x 91.4cm x 91.4 cm
 Collection of the artist

2. Gyroid image from Eric W. Weisstein « Gyroid »
Inspiration du travail de Bennett Battaile
 From MathWorld-A Wolfram Ressoure, <http://matheworld.wolfram.com/Gyroid.html>

espaces de Hilbert. En 2005, il propose *History*, à partir d'une forme de gyroïde, modèle mathématique découvert par Schoen en 1970, où la « ligne » noire en verre parcourt toute la surface, et le verre transparent joue le rôle de support structurel.

Pour d'autres artistes, tel Elana Herzog, la déconstruction va plus loin, presque dans son sens littéral, vers l'informe, la dégradation du matériau dentelle, où le chaos est générée par ajout, suppression, déchirement, perforation, greffe, vers une ornementation subversive. *Untitled*, en 2005, marque l'évolution d'une dentelle dont les pattern sont des fragments combinés, ne relevant plus de la décoration, mais du matériau comme structure du récit.

1.2 La matière informée

La question de l'ornement

En ce sens il paraît fondamental d'introduire Adolf Loos, architecte autrichien, si la question de l'ornement intervient. En s'en prenant à la suprématie de l'ornement, qu'elle date d'hier ou d'aujourd'hui, Loos est catégorique: « Ne chercher la beauté que dans la forme, ne pas la faire dépendre de l'ornement, c'est là le but vers lequel tend l'humanité entière »¹⁸. Selon lui, il est indéniable que l'ornement est intrinsèquement lié au matériau et de la même façon le matériau est directement lié à la fonction, de par le processus de mise en forme. Cette idée qu'il défend sera, plus loin dans le texte, l'objet d'une réflexion quant à l'importance du matériau, de la matière en tant que telle.

L'essence même de celle-ci. Est-elle le résultat d'une technique uniquement destinée nécessairement à orner ou incarne-t-elle d'autres champs d'expérimentations qui s'écartent de la notion même d'ornement?

Le combat d'Adolf Loos pour la création ne peut être mené que si celle-ci est à la mesure de la contemporanéité. Être à la hauteur de l'époque présente, voici son appel au « moderne ». En dehors de tout rapport à l'architecture, n'importe quel événement nous ayant marqué, émus il y a quelques années ne portera pas le même effet aujourd'hui. L'exemple qu'il cite concernant le drame affirme qu'une « tragédie qui nous a émus aux larmes autrefois ne fera que nous intéresser aujourd'hui. Une plaisanterie

¹⁸ Loos (Adolf).- *Ornement et Crimes et autres textes* (Paris, Editions Payot et Rivages, 1908), p.10



« **Most art symbols are worn-out clichés that have outlived their usefulness** »

Adolf Loos

1. Portrait d'Adolf Loos

1870-1933, Vienne

Architecte

Source: <http://bozar.gr.free.fr/doku.php?id=loos>

d'autrefois ne remura plus chez nous les muscles du rire »¹⁹. C'est en ce sens, qu'il apparaît indispensable pour Adolf Loos de se replacer dans son époque, la notion de société étant fondamentale dans tous ces écrits.

Il en est de même pour la question de l'ornement. Celui-ci fait-il toujours partie de notre culture? Si chaque époque a possédé son propre style et que l'intérêt de ces architectes coupables que dénonce Loos, se porte sur la notion même de style, notre époque actuelle serait-elle capable d'en refuser un?

Selon Loos, « l'homme moderne qui sacralise l'ornement comme signe du trop-plein artistique des époques passées reconnaîtra aussitôt l'aspect torturé, laborieux, et maladif des ornements modernes. Il ne peut plus être créé aujourd'hui d'ornements par quelqu'un de vivant à notre stade culturel »²⁰. C'est dans cet état d'esprit, douloureux fût-il pour l'auteur que Loos a rédigé *Ornement et Crime*, dans le but de dénoncer le non-sens des fausses imitations des styles anciens voués à l'échec.

Ainsi, il apparaît fondamental de réinterroger le sujet traité ici concernant la dentelle. L'ancienne définition qui assimilait la dentelle à l'ornement mérite d'être alors requestionnée. Si l'ornement n'est plus lié organiquement à notre culture, il n'est plus non plus l'expression de celle-ci, donc il n'est pas capable d'évoluer. Comment alors créer une dentelle capable d'évoluer, se libérant de son unique fonction d'ornementer ?

Près d'un siècle plus tard Farshid Moussavi et Michael Kubo dans *The function of Ornament*²¹, paru en 2006, dénoncent les architectes qui utilisent l'ornement pour produire des "émotions architecturales" plutôt que de se cantonner à l'histoire. Cette démarche pourrait rappeler un des jugements de Loos affirmant que « matériau et travail ont le droit de ne pas être dépréciés tous les ans par de nouveaux courants de la mode »²².

Qu'en est-il aujourd'hui? Si là où les choses ont disparues dans le temps, il ne s'agit plus de les réappliquer, comment expliquer le fait que l'ornement fasse son grand retour aujourd'hui et qu'Antoine Picon, dans le magazine d'Architectures de février 2011, affirme que "l'ornement n'est plus gratuit mais nécessaire, tel un principe ordonnateur parfois plus puissant que la structure elle-même"?

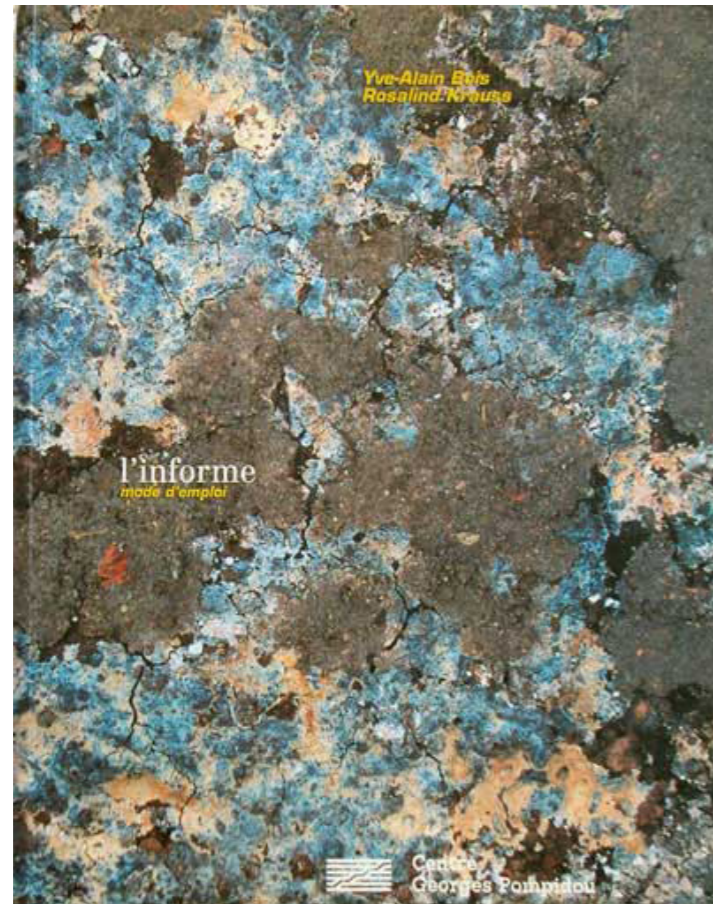
En effet, la révolution numérique a énoncé ces dernières années l'objectif de sa recherche qui vise à considérer la forme comme étant la dérivée d'une performance. Il s'agirait alors de trouver une source performative où l'idée de «process» prédomine.

¹⁹ Ibid, p.47

²⁰ Ibid, p.84

²¹ Moussavi (Farshid), Kubo (Michael).- *The Function of Ornament* (Cambridge, Editions Barcelona Actar, 2008)

²² Ibid.



1. Yve-Alain Bois et Rosalind Krauss
Catalogue *L'informe, mode d'emploi*, Paris, 1996
Editions du Centre Pompidou Paris

Ainsi, si le but est de créer une dentelle, architecturale ou non, qui ne réponde pas au principe de l'ornementation donc à celui de la subjectivité il faudrait inévitablement se tourner vers la notion de processus.

C'est pourquoi, il s'agit d'aller chercher une méthode qui va au delà du champ d'exercice classique. Si le but est de rechercher aujourd'hui une vérité structurelle, alors cette dentelle doit l'être également.

Or, ce retour de la structure en façade aujourd'hui implique une démarche qui est intrinsèquement liée à la culture numérique. C'est grâce à celle-ci qu'il serait alors possible de générer un ornementalisme structurel, non plus utilisé à sa seule fin décorative.

En ce sens, grâce à l'utilisation du numérique, il ne s'agit plus d'opérer un retour à l'ornement pour associer de nouvelles couleurs, textures et motifs, il est désormais question de faire participer activement la structure à l'identité même de cette nouvelle dentelle.

L'ornement d'aujourd'hui n'est plus localisé. Il recouvre des surfaces entières, la véritable réponse entre l'ornement hérité de la Renaissance et celui d'aujourd'hui étant que ce dernier ne pourra plus être retiré du corps de l'objet dont il est lié puisqu'il en est lui-même le sujet. La notion de supplément est désormais détachée de celle d'ornement.

Mais pour « ne pas être dépréciées tous les ans par de nouveaux courants de la mode »²³, pour reprendre les termes de Loos, c'est en utilisant la technique de la dentelle que la notion d'ornement sera requalifiée. Pourquoi la dentelle? Car « seules la fantaisie et l'ambition de la femme peuvent assumer la responsabilité de cet assassinat du matériau-car l'ornement au service de la femme vivra éternellement »²⁴.

L'irréductibilité à la forme

L'informe défini selon le catalogue « *L'Informe : mode d'emploi* », lors de l'exposition du même nom au Centre Georges Pompidou en 1996²⁵, se traduit par un certain nombre d'opérations :

-L'horizontalité : Désigne ici un état. C'est un basculement du vertical vers l'horizontal où la toile devient désormais une page, puisqu'est modifié le rapport entre le mur et le sol (Cézanne, *Vénus à l'Amour en plâtre* du Courtauld).

-Le bas matérialisme : Conçu pour lutter contre l'idéalisme. La matière est l'inconnue, elle représente ce qui peut être écrasé à tout moment comme une araignée. L'ontologie n'existe pas, elle ne peut pas être mise en

²³ Loos (Adolf).-*Ornement et Crime: et autres textes* (Paris, Editions Payot et Rivages, 1908), p.21

²⁴ Ibid, p.248

²⁵ « *L'Informe : mode d'emploi* », Rosalind Krauss (commissaire invitée), Yves-Alain Bois (commissaire invité), Paris, Centre Georges Pompidou, exposition du 22 mai au 26 août 1996

forme.

-Le battement : « Ce que battement dénote est une pulsation sans finalité qui déchire l'assurance désincarnée de la pure visualité et y précipite l'irruption du charnel. » (« Duchamp est le premier, à le pointer par le biais de l'optique physiologique, à savoir de la science de la vision. Cet artiste qui dénonçait la peinture pour ce qu'elle avait de "rétinien" montre en effet qu'elle ne l'est, rétinienne, qu'à ignorer ce qui, dans le fonctionnement rétinien même, en appelle directement au corps »).

-L'entropie : Mouvement négatif qui sous-entend un ordre initial puis la détérioration de cet ordre initial. C'est par la dépense qu'il est possible de réguler par le biais de l'excès. L'entropie se traduit par la « dégradation, redondance, accumulation, profusion infinie, inversion, tarissement, usure, non-usage, non-échange. "L'entropie est un enlèvement, un tassement, mais peut-être aussi un gaspillage irrécupérable ».

La matière, libérée de tout antropomorphisme, quelle soit brute ou transformée, artificielle ou naturelle, donne sens au projet. Les empreintes, les marques, les traces, les cicatrices, les séquelles, sont autant de mots capables d'exprimer la mémoire d'un travail laissé sur la matière. L'artisanat ou l'industrie, la main ou la machine, sont des dualismes qui bouleversent la conception architecturale et constructive.

Ainsi, il s'agit de faire apparaître un processus, contrairement à une forme de dentelle déjà prédisposée. L'approche, tournée vers le matériau, donne naissance à une part de contingence au sein de la matière, une part d'indomptable, d'imprécision, résonnant dans l'acte émancipateur même de la technique de la dentelle. Le matériau peut-il mettre la structure au défi ?

La matière détient la faculté de s'adapter à son temps, aux nouvelles technologies, et de répondre aux envies les plus surprenantes et ambitieuses des artistes, des architectes. Porter à l'extrême l'utilisation d'un matériau, c'est assumer un geste fort, s'interroger jusqu'au détail le plus infime et assumer pleinement l'identité formelle et sensorielle donnée au projet. La matière possède la capacité de composer par des nuances, des rythmes, et des variations. Pierre Soulages, peintre du noir et de la lumière, travaille avec la profondeur, l'épaisseur de la matière peinte. Mettant en scène l'ombre ou la lumière, créant des reliefs dans le lisse absolu, faisant dialoguer les contrastes par la matité ou la brillance, il donne vie et sens à la matière. Il donne à lire une succession de plans au sein même de la matière en l'abordant comme une épaisseur malléable. Le phénomène immatériel de la lumière donne sens à la toile et fait évoluer son apparence,



1. John Cage et David Tudor
Shiraz Art Festival, Performance, 1971
Photo: Cunningham Dance Foundation archive

en la présentant toujours sous un nouvel aspect. La lumière dégage un effet cinétique à la matière, l'inscrit dans le temps et l'espace.

Les artistes et les œuvres sélectionnées pour l'ouvrage *Radical Lace* mettent également en avant cette capacité à utiliser et transformer le matériau de façon spécifique pour en extraire son imagination. Comme P.Soulages qui repousse le cadre de la toile, ces nouveaux maîtres dentelleurs remettent en question les attentes stéréotypées de la dentelle. La création artistique est alors tributaire de nombreux choix quant à la façon d'utiliser un matériau spécifique.

La matière n'est pas une substance inerte, fixe, ou intemporelle. Entrer en contact avec la matière, analyser ses reliefs, ses imperfections, ses tonalités et autres, permet de la comprendre, car « face à une matière, les sens réagissent au matériau, à son toucher, à son aspect, à son odeur, au fait qu'il scintille ou brille, qu'il soit terne, dur, mou, élastique, froid ou chaud, lisse ou rugueux, à ses couleurs et aux structures révélées par sa surface ». La matière se modèle dans une ambitieuse quête d'originalité. Elle est porteuse de transformations sans cesse en évolution, qui sera ici utilisée comme outil de projet.

L'informe désigne un certain nombre d'opérations par lesquelles le modernisme est pris à contre-courant. Le domaine de l'Art en est l'exemple le plus démonstratif. Longtemps considéré comme devant appartenir au domaine de la vision (à préciser), la matière n'était présente que par son existence informée, par le biais de sa mise en forme, le tableau ne s'adressant ainsi qu'à l'œil du spectateur. Le tableau, sorte de coupe verticale, est conçue comme une sorte de totalité fermée, avec un début, une fin. En revanche, à partir des années 1890-1910 avec Duchamp notamment, l'art, libéré de ses contraintes de la représentation, se voit justifier son existence. C'est le début d'une quête vers son propre mode d'existence, sa propre essence et la matière tend à suivre alors ce même chemin : abolir les frontières de sa propre contrainte, aller hors du champ de celle-ci.

Au début des années 1950, des artistes comme John Cage et Samuel Beckett, compositeurs de musique contemporaine expérimentale et dramaturges modernes, se sont subversivement insurgés contre la composition tant dans le fond que dans sa forme. Dans le champ de l'architecture, cet acte émancipateur pourrait être associé directement le matériau, celui-ci apparaissant ainsi en tant que résistant au concept de la dialectique forme/matière. Impliquant l'acte libre de l'émancipation même, l'objectif est alors de penser une dentelle qui soit réfractaire à sa définition préconçue afin d'échapper à sa fétichisation. Le matériau est livré tel quel, sans l'appât formel d'un code de sens et donc en dehors de toute visée formelle. L'argument permettrait de théoriser une résistance à la forme, la

norme et l'ordre, ayant pour but un travail approfondi de la matière.

En architecture, Le Ningbo Museum de l'architecte chinois Wang Shu, Pritzker 2012 apparaît comme le point culminant de cette investigation sur la matière dans son irréductibilité à la forme. Construit de tuiles et de morceaux brisés provenant des maisons traditionnelles détruites par le gouvernement chinois en soif de nouveaux permis de construire, celles-ci, à mesure que l'on se rapproche du bâtiment, se livrent par fragments. Elles semblent réellement avoir été empilées les unes sur les autres avec une hiérarchie inexistante, contrairement à un calepinage classique de briques, logique et répétitif. La maîtrise du matériau est contrôlée, les procédés techniques détournés offrent une nouvelle expérience des surfaces, et la matière se laisse découvrir autrement. Le matériau ne tire que de lui-même sa propre force d'expression. Si ce dernier se définit par des possibilités dans la perspective de l'instrumentaliser, la puissance d'expression, elle non rationalisable, naît de la dissonance en rapport à l'usage courant du matériau. C'est l'expérience incongrue qui fait la beauté du projet.

Si par ces quatre opérations, l'informe tend à se libérer de l'asservissement au thème de forme, pourrait-on imaginer appliquer ces opérations, et créer une nature opératoire informelle pour la dentelle?

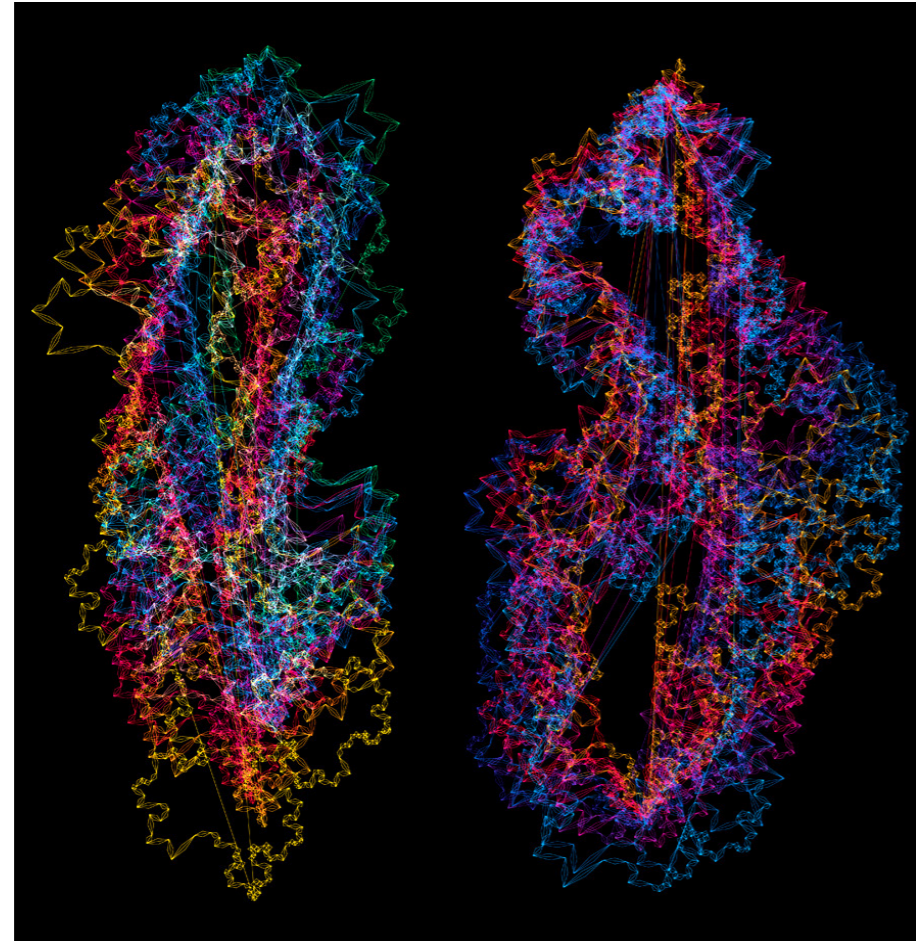
La matière informée

Ce que l'on entend par opération relève plutôt de supputations mathématiques que d'actes chirurgicaux ou militaires. Il s'agit d'une manière d'imaginer un programme au sens du biologiste François Jacob qui évoquerait « une série d'opérations à effectuer, la rigidité de leur succession dans le temps, le dessein qui les sous-tend »²⁶. Un tel programme déclenche un déséquilibre, un processus quasi irréversible difficilement prévisible. En brisant la symétrie, la dynamique est lancée, car selon le biologiste Roger Callois : « la symétrie apparaît [...] comme l'inertie qui freine la production des phénomènes, cependant que la dissymétrie la déclenche [...] », elle-même « élément de vitalité novatrice, donc risque et aventure »²⁷.

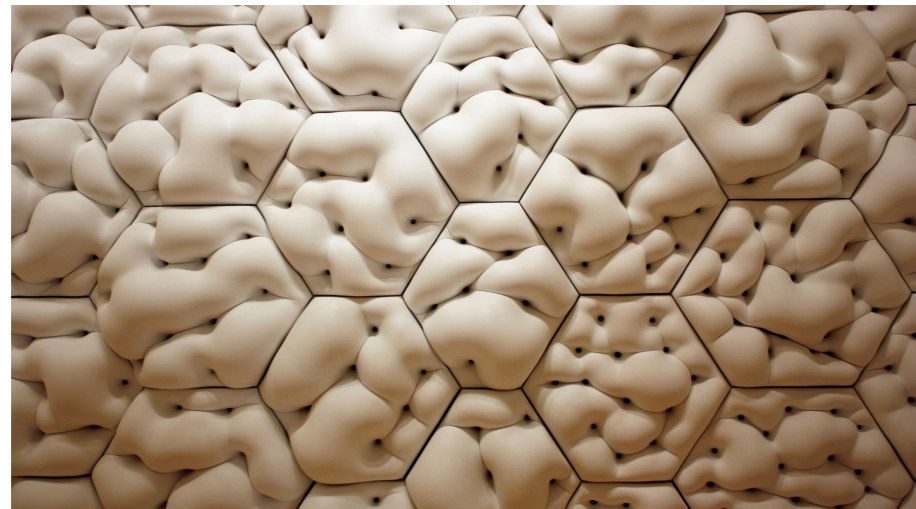
L'interdépendance des éléments est constitutive de la dentelle. C'est le facteur même de cette technique qui permet de comprendre qu'une décision prise en cours entraîne nécessairement une conséquence prédictible, que la dentelière ou la machine contrôle. Si l'on place alors l'interdépendance des éléments comme facteur de complexité, il faut se diriger vers les moyens mis en œuvre pour provoquer cette dernière.

²⁶ Jacob (François).- *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité* (Paris, Editions Gallimard, 1976), p.17

²⁷ Callois (Roger).- « La Dissymétrie », *Cohérence aventureuses* (Paris, Editions Gallimard, 1973), p.246



1



2

1. Alisa Andrasek*A_MAZE*Oeuvre développée pour l'exposition *Biothing*
au Frac d'Orléans, 2010**2. Matsys***P_WALL*, 2009

SF MOMA

Utilisation de Nylon, chevilles en bois et plâtre
liquide

D'où alors la possibilité d'imaginer un programme informatique, avec un processus quasi automatique suivant une logique inhérente. Penser alors à partir des mots de Gregory Bateson « L'information est la différence qui crée la différence »²⁸, en admettant que la différence soit différente de la diversité, elle crée plutôt de la valeur et de la hiérarchie. C'est par un processus de différenciation que l'hétérogénéité est produite. La forme prédisposée alors est dépassée, et naît de l'interaction entre la matière et des échanges d'informations et de flux. Le changement qui permettrait d'engager la dentelle dans un environnement riche d'informations doit passer par un système computationnel, et développer un modèle évolutif et génératif. Ainsi l'intérêt se porte non pas à l'analyse formelle, mais à l'identification de qualités génératives possibles, de processus de formation continue, contre l'état d'une forme fixe.

Ce travail de codage, qui apparaît comme un principe générateur caché, doit se réaliser directement à partir de la matière. En effet, il ne s'agirait pas de repartir vers un objectif purement formel, qui ne correspondrait pas du tout avec ce que l'on a pu énoncé plus haut. En agissant directement sur la matière, et donc les propriétés intrinsèques du matériau, aucun présupposé formel ne peut avoir lieu, et le devenir de la matière reste spéculatif, et le mystère entier. Cette démarche de conception générative se retrouve dans les travaux d'agence d'architecture comme Kokkugia ou Alissa Andrasek, à Londres. Cette dernière affirme « Les architectes peuvent aller au delà de la géométrie pour concevoir directement la structure de la matière même »²⁹, et il est simple ici de comprendre que la « géométrie » renvoie à l'analyse de forme a priori. De même, le Baby Yar Memorial de Kiev (2010), mémorial de l'holocauste de l'agence Kokkugia, résulte de champs d'intensités différentes à travers des systèmes multi-agents, dont l'excédent de matière dépasse les limites de la géométrie du bâtiment. Le travail sur le matériau, et son excédent renvoie également à *P_Wall*, de l'agence Matsys, appartenant à la collection du MOMA de San Francisco (2009). Le rapport paradoxal aux forces physiques est aussi en jeu, où la recherche sur les matériaux, ici béton et textile, prédomine sur la forme, qui elle est résultante. L'aspect chaotique est indéniable, où l'homogénéité des matériaux employés joute l'hétérogénéité formelle baroque, comme si la matérialité « était issue de ses propres potentialités structurelles »³⁰.

Dans le domaine de la mode, réunissant au sein de la même problématique, le vêtement et la matière, Iris Van Herpen est connue aujourd'hui pour ses travaux réalisés grâce à l'impression 3D. S'intéressant aux notions

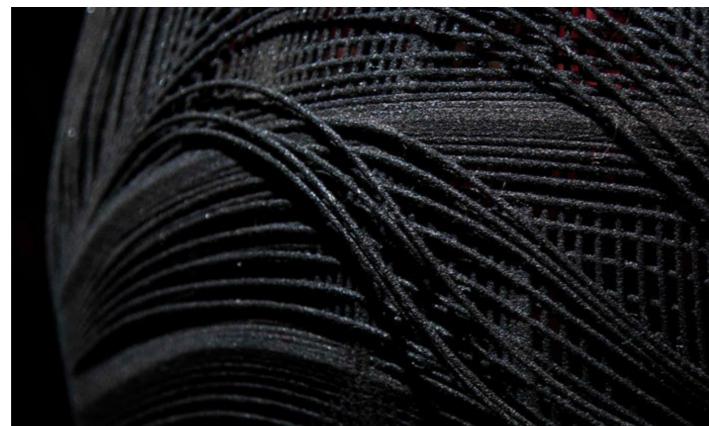
²⁸ Bateson (Gregory).- *Vers une écologie de l'esprit*, in La double contrainte, cycle de conférences à l'American Psychological Association, août 1969

²⁹ citée par Marie-Ange Brayer, « De la nature et de l'artifice : Affects et artefacts dans l'architecture naturalisée », in *Naturaliser l'architecture : Archilab 2013*, (Orléans, Éditions HXX, collection Frac Centre, 2013)

³⁰ Voir l'ouvrage *Naturaliser l'Architecture : Archilab 2013*, op. cit.



1



2

1. Iris Van Herpen
Collection *ESCAPISM*, janvier 2011
Paris Haute Couture Week

2. Iris Van Herpen
Voltage 3D printed Dress, 2013
En collaboration avec Julia Koerner

concernant le mouvement et la flexibilité, la styliste a révolutionné la façon même de questionner la mode en collaborant avec Neri Oxman du MIT Media Lab ainsi qu'avec Keren Oxman et le professeur Craig Carter du MIT avec Stratasys, et l'architecte Julia Koerner avec Materialise. Le matériau et l'intérêt pour la matière est aujourd'hui au cœur des innovations techniques pour les stylistes de demain, engageant l'architecte « filophile » et le créateur fou vers de nouvelles collaborations.

Une telle investigation sur le matériau et ses propriétés renvoie donc nécessairement aux matériaux eux-mêmes et leur évolution possible.

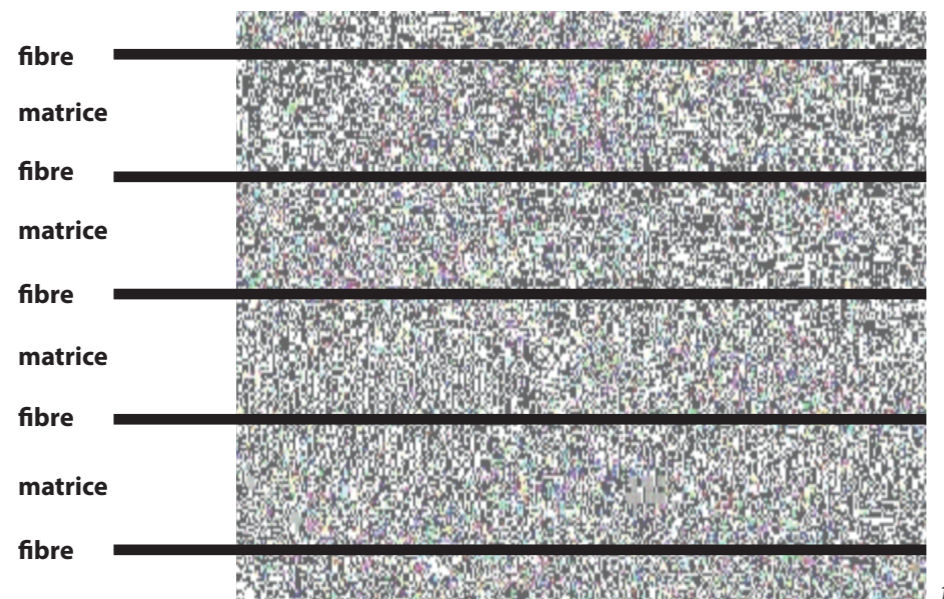
1.3 Evolutions multiples

Architecture et Matériaux

Depuis plusieurs siècles, les matériaux composites offrent de nombreux avantages dans des domaines de plus en plus divers. En effet, si la révolution industrielle a été marquée par l'âge de l'acier et celui du plastique marqué par le développement de la pétrochimie, ces nouveaux matériaux sont aujourd'hui au centre de nombreuses recherches. Constitués d'un mélange hétérogène de deux matériaux de nature différente au minimum, ils permettent de nombreux avantages. C'est surtout dans le domaine de l'aéronautique et de l'aérospatial que les matériaux composites sont les plus répandus grâce à la possibilité d'alléger le poids de façon considérable mais également pour le nombre de pièces à assembler, divisés également radicalement.

Les composites textiles quant à eux, constitués d'une microstructure de fibres, permettent des applications de plus en plus innovantes. En effet, la diversité de motifs permise par le tissage de ces fibres multiplie les performances qui sont de plus en plus poussées en fonction des propriétés recherchées. Le domaine de l'aéronautique est un domaine dans lequel l'usage de ces matériaux est omniprésent en raison de leur bonne tenue mécanique et de leur faible masse volumique.

Dans la fabrication des textiles, les propriétés de fibres varient en fonction du sens trame ou du sens chaîne. Ce sont les fibres du sens de la trame qui sont généralement plus rectilignes puisqu'elles suivent le sens transversal du tissage, alors que celles en direction chaîne, elles suivent le guide de la machine.



1. Marie Lhuillier

Schéma représentant les fibres et matrice constituant un matériau composite

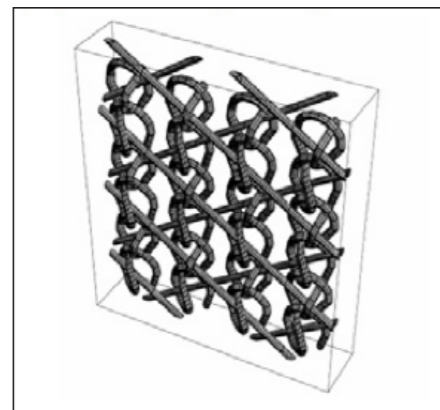
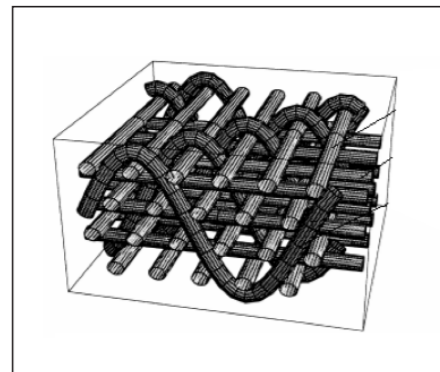
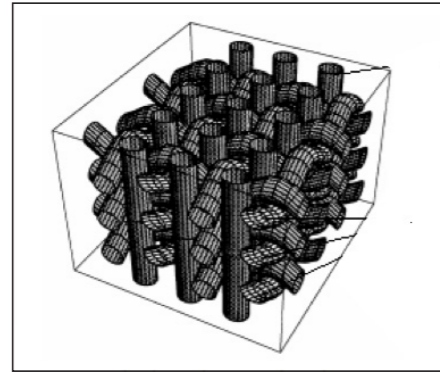
L'exploration du sens de ces fibres a également conduit à une avancée en ce qui concerne la manière de les fabriquer. Avant l'utilisation des matériaux composites, les seuls choix qui rendaient possible la conception des voiles étaient de suivre et de respecter les propriétés liées à chaque type de fibres. Or, les ingénieurs ont désormais trouvé le moyen de modifier ces propriétés pour en extraire des conditions de fabrications nouvelles et innovantes. Ainsi, c'est en tissant directement sur la toile par un système de portique pouvant porter des personnes que la toile est réalisée, en mettant à profit les matériaux composites.

L'usage des matériaux composites est également de plus en plus remarquable dans la sphère des sports de haute performance. En effet, ils permettent, comme vu précédemment chez la styliste Iris Van Herpen, l'alliance entre matériaux souples et matériaux rigides. Pour la fabrication de voiles de bateau ultra-performantes ce procédé a permis de rassembler des fibres de différentes compositions améliorant ainsi la résistance d'un matériau afin de créer un module de voile efficace. Plus le module de résistance sera efficace, plus d'énergie convertie par la pression du vent sera utilisée comme force motrice pour alimenter le bateau.

Ce module de résistance, recherché pour celui des bateaux, sera pour ce séminaire un point majeur pour illustrer la recherche de nouvelles performances liées à une façon de faire dont on connaît les bases de conception traditionnelles. En effet, c'est en ce sens que la conception des voiles de bateau a évolué, par le remplacement de matière textile, en l'occurrence le coton. Bien que le processus de fabrication soit resté inchangé, la qualité supérieure propre au matériau en lui-même a permis ce bouleversement, décuplant ainsi la performance.

A cette époque, un bouleversement apparaît concernant l'usage de l'ordinateur pour la conception de ces innovations. Étant utilisé dans le passé uniquement pour les étapes de calculs, il va désormais occuper un tout autre rôle. De par l'usage de plus en plus fréquent des matériaux composites aboutissant à des voiles performantes, l'ordinateur devient un outil qui tend à être utilisé, non pas pour ses capacités de calcul, mais plutôt pour des tâches liées directement à la conception: Il permet de travailler différentes fibres entre-elles dont le procédé de tissage implique différentes variations de trajectoires, de densité et de catégories de matériaux.

En effet, la multiplicité des propriétés étant de plus en plus influente, ce sont des caractéristiques liées à la topologie des panneaux qui se voit être spécifique. C'est donc pour pouvoir produire de nombreux panneaux plus distinctifs les uns des autres que l'usage de l'ordinateur a permis des réalisations toujours plus sophistiquées.



1. Marie Lhuillier
Différents types de tressages composites
Organisations multiples des fibres

Matériaux composites à renforts tissés

L'âge de l'acier est reconnu comme étant celui de la révolution industrielle. Celui des plastiques été marqué par le développement de la pétrochimie. Actuellement, il semblerait que nous entrions dans une nouvelle tendance, marquée par la maîtrise et l'utilisation massive d'un nouveau type de matériaux: les matériaux composites qui ne sont autres qu'un mélange hétérogène d'au moins de deux matériaux de nature différente.

En fait, les matériaux composites existaient depuis des siècles. L'os et le bois sont des matériaux composites constitués de fibres noyées et liées entre elles par des tissus, dont le rôle est de distribuer les contraintes et de réaliser la protection contre l'environnement extérieur. Les études des matériaux composites sont généralement très complexes. Ces matériaux sont recherchés pour leurs nombreux avantages:

- Bonne adaptation sur les conceptions de formes.
- Possibilité d'obtenir de nouvelles performances (tenue mécanique particulière, résistance chimique, résistance électrique, résistance aux érosions, résistance aux hautes températures...)
- Concevoir des pièces multifonctionnelles.

Les matériaux composites à renforts tissés sont constitués de fibres ainsi que d'une matrice (qui représente la quantité de liant qui unifie toutes les fibres entre elles).

Les fibres, qui existent à l'échelle macroscopique, sont assemblées pour constituer les mèches permettant le passage à l'échelle mésoscopique. Ce sont ensuite ces mèches qui sont assemblées pour produire une préforme qui sera nécessaire au tissage.

Ce sont les propriétés finales recherchées qui dictent quel type de matrice et de renfort choisir, ainsi que quel type d'arrangement pour les fibres. En fonction du résultat attendu, les propriétés mécaniques, l'aspect de surface, sont des paramètres gérés par ces choix de base. Concernant le modèle à produire, c'est ensuite une décision quant à la méthode de mise en oeuvre qu'il faut déterminer par la suite. En effet, la nature d'une pièce (type de fibre et type de matrice) et sa géométrie sont plus facilement réalisables par certains procédés plutôt que d'autres. Parmi ceux-ci, il existe le LTM (Liquid Transfer Moulding), le RTM (Resin Transfer Moulding) et enfin le VARTM (Vaccum Assisted Resin Transfer Moulding).

En ce qui concerne le domaine de l'architecture, de nouvelles recherches sont menées sur les matériaux composites afin d'ouvrir des champs de plus en plus variés et offrant de nouvelles possibilités toujours plus complexes et efficaces. L'agence Kreysler & Associates a mis en ligne un blog visant à recenser les innovations naissantes rendues possibles grâce aux matériaux composites et à l'usage de la technologie numérique : <http://compositesandarchitecture.com>

WiseTex software

Le logiciel WiseTex³¹ est un logiciel fournissant une description très complète d'un maillage intégrant la géométrie et les propriétés des textiles pour anticiper le travail à posteriori avec les matériaux composites. Il a été développé pour être utilisé dans les développements extérieurs laissant de nombreux champs du possible à tester.

Comme vu précédemment, les matériaux composites se composent de fibres et d'un pourcentage de résine, appelée matrice plus ou moins dense en fonction des propriétés recherchées. C'est dans cette optique que ceux-ci seront utilisés afin d'optimiser la structure de la dentelle. Ainsi, il sera possible de créer un maillage directement associé au matériau et vice versa, dans le but de créer une dentelle «adaptée».

Pour cela, il est primordial d'analyser en amont les différents types de maille intervenant dans le modèle global pour travailler avec les matériaux composites appropriés. Le logiciel WiseTex (découvert lors de mon rendez-vous avec un docteur du laboratoire Navier des Ponts et Chaussées) est en cela un outil adéquat et performant, puisqu'il permet de calculer: La rigidité d'un textile composite, sa perméabilité ainsi que leur transposition dans la plateforme du logiciel.

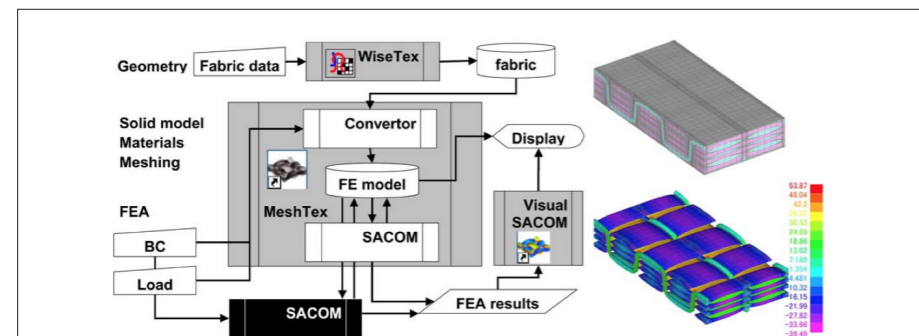
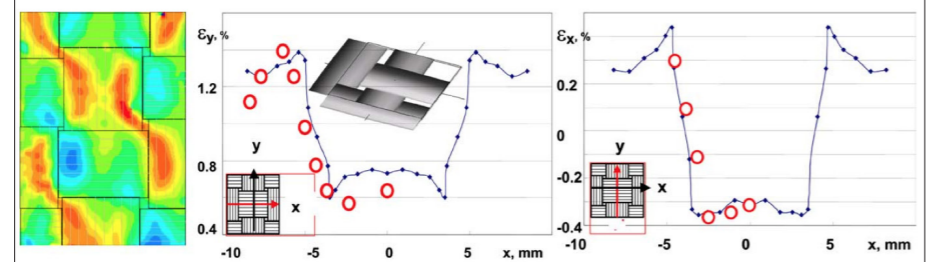


Fig. 8. WiseTex-MeshTex-SACOM data flow and example of FEA of 3D-woven composite.



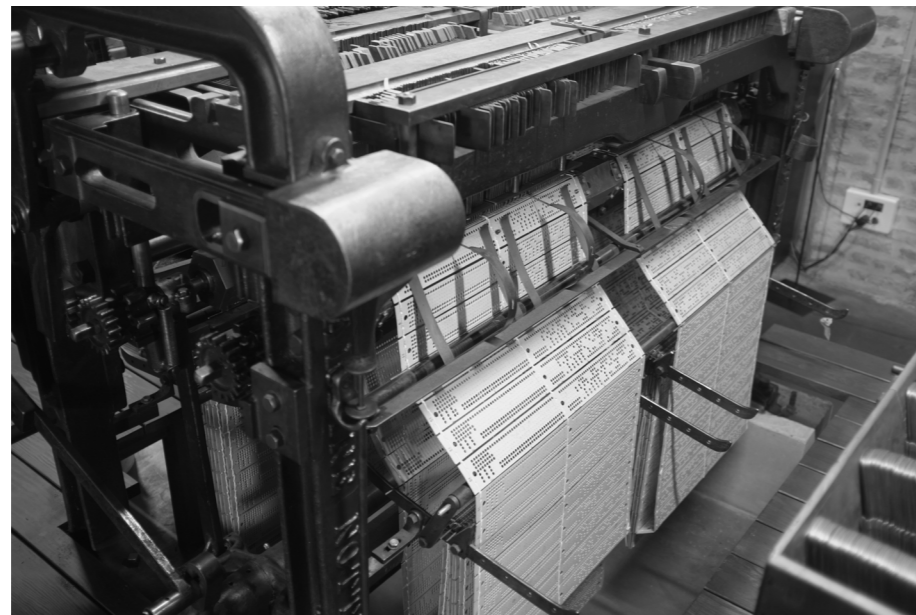
1. WiseTex software

Plateforme du logiciel

³¹ Le progiciel WiseTex est utilisé pour générer des modèles géométriques pour un volume élémentaire représentatif (VER) d'une structure textile. Il a été développé par l'université KU LEUVEN en Belgique.



1



2

1. Éléments en acier constitutifs des codes Jacquard

Photo: Marie Lhuillier lors de la visite du musée de la dentelle, Calais, octobre 2012

2. Machine Jacquard

Photo: Marie Lhuillier lors de la visite du musée de la dentelle, Calais, octobre 2012

2. Développement de la pratique

2.1 Au temps de la dentelle à la main

Fabrication manuelle

Bien avant d'être réalisée mécaniquement, la dentelle est le fruit d'un long et minutieux travail à la main. A l'aide d'une aiguille, de fuseaux ou d'un crochet, les dentellières créent, dès le milieu du XVI^{ème} siècle, un entrelacs de fils arachnéen, jouant des pleins et des vides, destinés à servir le jeu des apparences hautement symboliques des classes privilégiées. S'opposent alors luxe pour les uns et labeur pour des autres. Inégalée pendant près de trois siècles, la dentelle à la main, véritable prouesse technique, dont la production est très tôt organisée et rationalisée, devra affronter, au XIX^{ème} siècle, la timide puis convaincante concurrence de la machine.

Bien que travail de la dentelière reste pendant longtemps inégalé, un long apprentissage est nécessaire dès son plus jeune âge pour intégrer la technique, dont l'enseignement se fait par mimétisme. Dans l'idéal, pour réaliser une pièce de dentelle, une seule personne doit réaliser le travail lent et austère du début jusqu'à son achèvement pour la rendre sa configuration régulière.

Devenue artisanat d'art, signe de distinction et de décadence à la fois, la dentelle continue à être fabriquée à la main en France et en Belgique jusqu'en 1945, mais malgré plusieurs campagnes en faveur de la dentelle à la main, l'avènement de l'industrie et de nouvelles avancées liées aux matériaux, elle s'efface progressivement au profit de la dentelle mécanique.

La mécanisation implique de ce fait un changement de production aboutissant à des production en plus grande série, mais surtout à des modèles standardisés et parfaitement homogènes. La rapidité de



1



2

1. Marie-Claire

Intégration du Lycra dans la dentelle pour les sous-vêtements
Janvier 1970
Documentation CIDM

2. Cartons Jacquard

Cartons codifiés portant les informations relatives aux motifs des dentelles à produire
Photo: Marie Lhuillier lors de la visite du musée de la dentelle, Calais, octobre 2012

fabrication est également un facteur important pour ce passage d'un travail domestique à celui de tâches de plus en plus spécialisées.

En parallèle, l'arrivée de nouvelles matières comme le Lycra³² et l'élasthanne³³ en 1959 marquent une vraie révolution pour la dentelle dont les applications sont désormais nouvelles. Alors qu'elle n'avait pour unique vocation sa rigidité jusqu'à présent, elle peut désormais s'étirer, se modeler sur le corps, mimer la souplesse naturelle de la peau humaine. Grâce à ce progrès, le marché de la dentelle conquiert celui de la lingerie et de la corsetterie. Ces nouvelles formes de création nécessitent des fibres inédites dont l'usage de la machine est indispensable pour travailler des fils aux propriétés élastiques.

2.2 L'accession de la mécanisation

La concurrence de la machine

En 1834 apparaît la machine Jacquard³⁴(permettant d'obtenir des motifs dans le tissage des étoffes).La mécanisation de la dentelle est désormais possible et ouvre le champ à de nouvelles possibilités. Capable non seulement d'imiter mais de concurrencer la production à la main, la transmission du savoir se perd progressivement au profit de la rationalisation des étapes par la machine. Mais le réel point de départ de la dentelle mécanique est marqué par l'invention des métiers Leavers³⁵. L'aspect fonctionnel et la fiabilité offerte par ces machines marquent un véritable tournant pour la production de la dentelle et font d'ailleurs l'objet de nombreux dépôts de brevets.

Cette période marque aussi la transition entre l'esquisse et le dessin technique. Des spécialistes assurent la mise en carte pour le système Jacquard. Il s'agit de cartons perforés laissant déjà transparaître une certaine forme

³² LYCRA est la marque commerciale de fibre d'élasthanne inventée et déposée par la société DuPont, propriété en 2011 de INVISTA, pour remplacer sa désignation d'origine moins accrocheuse : « Fibre K ». Source : www.wikipedia.fr

³³ L'élasthanne est le nom générique des fibres élastomères, appelées aussi spandex dans les pays anglo-saxons.

³⁴ Le métier Jacquard est un métier à tisser mis au point par le Lyonnais Joseph Marie Jacquard en 1801

³⁵ En 1830, Leavers eut l'idée d'allier la technique Jacquard au procédé mécanique de John Heathcoat, et c'est ainsi que d'un métier à tulle on a pu évoluer vers un véritable métier à dentelle, permettant de réaliser avec une liberté totale tous les motifs imaginables. Source internet Wikipédia : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Dentelle>

de code. Ce savoir-faire complexe qui vise à traduire et codifier des motifs trouve échos dans les mathématiques.

L'introduction de la machine à vapeur au sein des ateliers de production à partir des années 1900 va radicalement transformer non seulement les usines qui fonctionnent désormais à l'électricité mais également l'architecture de celles-ci. Les espaces de travail sont fragmentés en fonction des spécificités de chacun. Cette séparation implique alors une spécialisation plus accrue des différents postes, l'acquisition de nouvelles machines et des formations plus ciblées pour les travailleurs. Dans l'atelier, la mécanique est essentielle au fonctionnement de ces machines. En revanche, du fait de la non standardisation de celle-ci, une équipe est mobilisée. Le mécanicien est présent pour ajuster, réparer, régler chaque métier, le remonteur enlève les bobines vides et les remplace dans les chariots, le passeur positionne plus de quinze mille fils à la main et enfin le tulliste vérifie les derniers réglages. Cette équipe de travailleurs est nécessaire pour chaque production et ne représente qu'une partie de la chaîne opératoire qui est constituée d'une trentaine d'étapes.

Il est forcé de constater que l'évolution technique a fait évoluer la pratique de la dentelle. La révolution de la machine a été un point clé pour enrichir ce savoir-faire ancestral marquant des transformations méthodologiques, sociales et industrielles. Aujourd'hui, l'évolution ne cesse de progresser et il semble indispensable de se questionner quant à l'évolution vers laquelle la dentelle peut être de nouveau confrontée. En effet, Selon l'architecte Philippe Morel³⁶, une révolution est en train de se produire. Dans un texte intitulé *Computation or Revolution*³⁷ à paraître dans la revue *Architectural Design* en été 2014, il affirme : « En 1923, dans son ouvrage majeur *Vers une Architecture, Le Corbusier* exprimait par sa célèbre injonction « Architecture ou Révolution » l'alternative qu'il percevait dans la transformation du monde par la machine : « une amélioration d'importance historique ou une catastrophe ». Aujourd'hui, nous sommes tentés de reprendre ces mêmes termes devant les conséquences de la révolution informatique et de l'association du calcul et de la machine dans ce que nous considérons ici, de façon générique et sans distinction, comme robotique ou mécatronique³⁸ »³⁹.

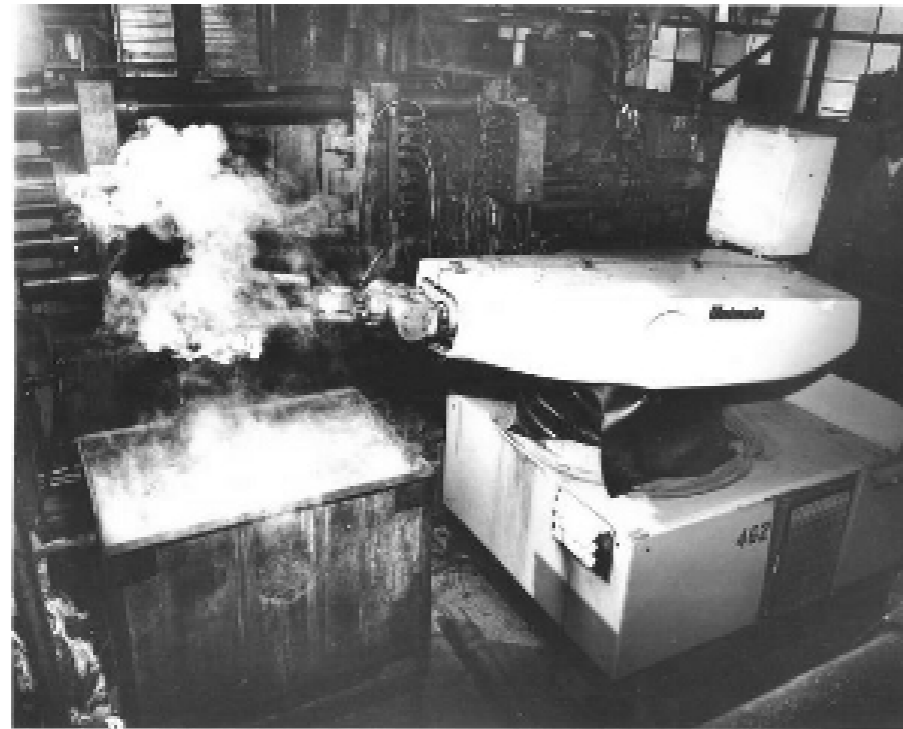
Les discussions actuelles autour de la robotique pour la dentelle ? dentelle
Prémices du code et automatisation

³⁶ Philippe Morel est architecte, enseignant et fonde l'agence EZCT Design Research en 2000 avec Félix Agid et Yelle Feringa

³⁷ Inedit Morel (Philippe).- «Computation or Revolution, in *Architectural Design, Made by robots : Challenginf Architecture at the Large Scale*», à paraître

³⁸ Les dispositifs mécatroniques dont font partie les robots désignent des machines qui allient le MECAnique, l'électrtronique et l'informatique.

³⁹ Inedit Morel (Philippe).- «Computation or Revolution, in *Architectural Design, Made by robots : Challenginf Architecture at the Large Scale*», à paraître, p.1



1. General Motor

Unimate, 1961

Premier robot industriel, New Jersey

2.3 L'avènement de la robotique

Un marché grandissant

Dans le domaine de l'industrie, la robotique fait une ascension vertigineuse à tel point qu'elle touche de nombreux domaines tels que l'agriculture, l'automobile, l'aviation ou encore le transport. Mais bien que la fascination des architectes pour les robots ne date pas d'aujourd'hui, il y a une certaine hésitation à permettre le contrôle effectif des machines à la discipline. L'adoption de cette stratégie, pourtant utile à la recherche pourrait pourtant donner lieu de nouvelles applications pour l'architecture.

Dans son texte présenté au chapitre précédent, Philippe Morel souligne la définition du robot appliquée jusqu'en 2011 par la norme ISO 8373 : Un « manipulateur multifonction automatique et reprogrammable, fixe ou mobile et de 3 axes ou plus, utilisé pour des applications d'automatisation industrielle »⁴⁰.

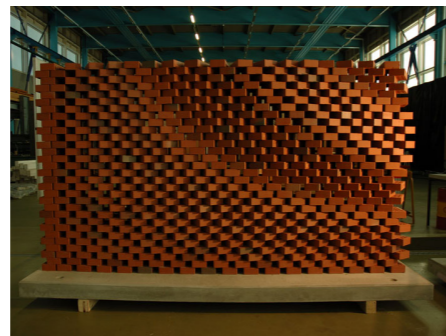
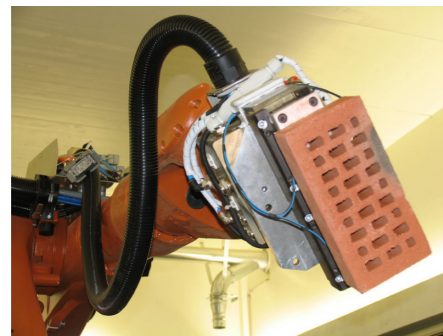
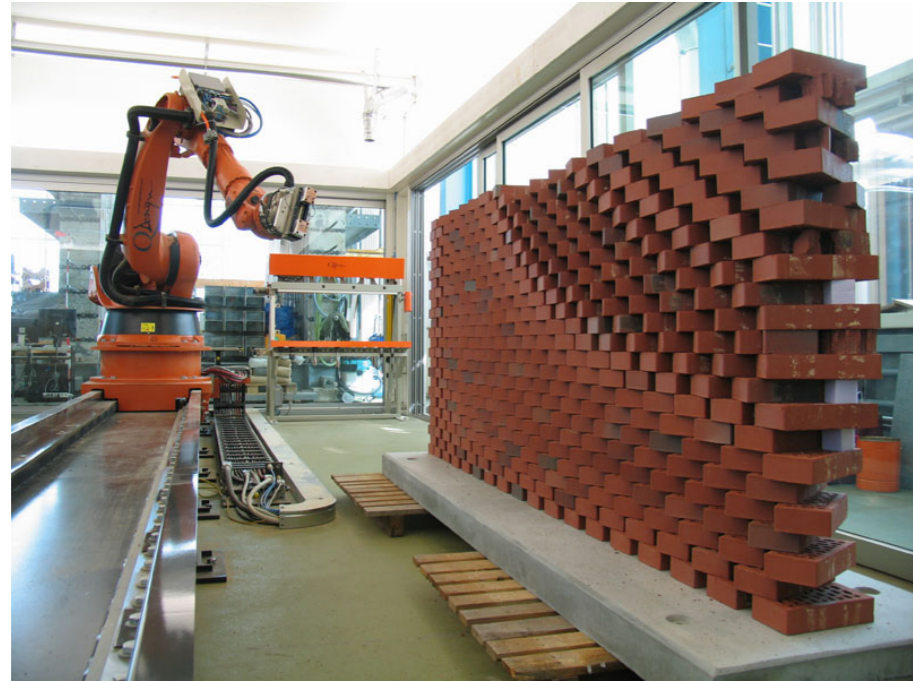
Les capacités offertes par la robotique affirment un bouleversement radical pour la machine. En effet, les six axes de rotations résultant des degrés de libertés qui lui sont propres, soulèvent une nouvelle forme de fonctionnement de la machine. Les capacités du robot sont multiples et il peut se déplacer dans un volume capable.

Actuellement, la robotique est au cœur de nombreux questionnements quant à la place qu'elle a à prendre pour faire évoluer les préoccupations architecturales. La question qui mériterait d'être posée serait plutôt la suivante : Quels critères différencient l'architecture des autres disciplines ayant d'ores et déjà intégrées la robotique pour leurs avancées technologiques ?

L'utilisation des robots intervenant uniquement lors de la chaîne de production est un leurre. La prise de position qui relie robotique et architecture doit être requestionnée à travers la notion de « digital »⁴¹. Cette architecture qui intègre le terme de computation donne lieu à une intelligence spécifique et sans équivoque : L'aller-retour permanent entre le modèle informatique et le prototype physique. En effet, comme le soulève P. Morel, « tous ceux qui manipulent des robots savent par exemple que programmer dans un temps raisonnable un grand nombre de trajectoires

⁴⁰ Ibid, p.2

⁴¹ L'architecture digitale utilise la modélisation informatique, la programmation, la simulation et l'imagerie pour créer des formes virtuelles et les structures physiques.



1. Gramazio & Kohler
The Programmed Wall, ETH Zurich, 2006
 Elective Course
 Architecture and Digital Fabrication

non répétitives en est un [problème]. Développer alternativement des outils logiciels pour économiser ce travail et utiliser des trajectoires issues d'un logiciel classique de CAO (CAD), avec génération automatique de code si possible pour plusieurs marques et types de robots, en est un autre »⁴². Cette affirmation témoigne de la possibilité de réaliser n'importe quel type de tâches de façon répétitive et automatisée est un chamboulement naissant que l'architecte devrait saisir et s'approprier. Il est désormais capable de mettre en place une réflexion tout en maîtrisant sa conception dans l'espace physique à travers l'utilisation de ces machines que sont les robots. L'architecte se positionne alors à un niveau plus élevé de l'échelle de production et développe une aptitude certaine à contrôler le modèle 3D et le modèle physique.

Il apparaît alors évident que la pratique de l'architecture soit actualisée et tire profit des moyens technologiques qui ont déjà prouvé leur « intelligence ». Les potentialités offertes par la complexité intégrée au cœur de ces machines ne sont plus à prouver. Leur fiabilité et le taux de précision liés à l'automatisation est un moyen stratégique que choisissent aujourd'hui certains architectes pour concevoir leurs prototypes et maîtriser certaines étapes de conception du projet.

Quelques agences "avant-gardistes" se sont déjà lancées dans le pari d'intégrer ces machines au cœur même du projet, de sa phase de recherches à celle de la fabrication. EZCT Design Research implantée à Paris et des dizaines d'équipes de par le monde, en général liées à des universités et laboratoires ont investi dans un robot six axes, réel outil à part entière qui stimule le travail de recherche de ces agences. Ces précurseurs ont ainsi pris le parti non seulement de s'ouvrir à cette technologie spécialisée, mais de s'en imprégner pour l'incorporer à la base même de leur réflexion lors de la phase de conception. Il ne s'agit pas d'opter pour l'utilisation de ces machines dans une démarche de "do it" mais d'intégrer, par de nouveaux moyens, une nouvelle vision de l'architecture par expérimentations où les possibilités sont sous-jacentes au processus de fabrication. Celle-ci ne se résume alors plus seulement à l'action cinétique robotisée mais génère des virtualités par la recherche formelle. Les enjeux désormais sont multiples et pris en considération dès les premières réflexions du travail de recherche de l'architecte : Le matériau, l'outil, les données contrôlant l'outil. Il est donc nécessaire pour celui-ci de comprendre comment les outils fonctionnent, pour quels matériaux ils sont les plus adaptés.

Lors du workshop *The Programmed Wall* à ETH Zurich en 2006, les architectes Gramazio & Kohler ont utilisés la robotique afin de générer un principe constructif alimenté par des données scannées en direct grâce à un

⁴² Inedit Morel (Philippe).- «Computation or Revolution, in Architectural Design, Made by robots : Challenging Architecture at the Large Scale», à paraître, p.4

laser. Sans cesse réactualisées, les informations sont ainsi analysées et modifient en temps réel le processus.

La hauteur de la position des différentes pierres est mesurée par le robot capable d'analyser les couches successives de la construction. Ainsi la dernière couche est ajustée en fonction de la précédente à chaque fois. En mettant au point cette logique de construction basée sur le contrôle des données, Gramazio & Kohler ouvrent le champ des possibilités pour une nouvelle mise en œuvre de constructions futures. Il serait donc possible d'imaginer, à plus grande échelle, une technique constructive pour le déploiement d'éléments architecturaux en temps réels, aboutissant à l'élaboration du projet.

Savoir faire traditionnel / savoir faire changeant

Ce nouveau type de fabrication, implique l'architecte directement au cœur du contrôle de machine. Ainsi, en y intégrant ses propres connaissances architecturales, l'ensemble des données conceptuelles et la phase de réalisation sont rassemblées en une seule et même logique. De ce fait, les techniques de conception traditionnelles peu flexibles sont réinterprétées puisque l'architecte travaille désormais à la mise en place d'un code spécifique, lu et exécuté par les robots, pour les réinterpréter. Cette nouvelle façon d'envisager le projet suppose un contrôle du processus d'une part, mais ouvre également le champ des possibles au sein du matériau d'autre part. Selon ses prédispositions, il est désormais possible d'expérimenter, de tester, de façon linéaire ou non, voire de détourner ses caractéristiques initiales vers une recherche d'innovation. L'aller - retour permanent entre le modèle physique et le modèle digital est de plus en plus concret et maîtrisé. L'architecte travaille dorénavant selon ce modèle: Il produit pour concevoir. Le matériau est propulsé au cœur même du projet.

Manuel De Landa, écrivain, artiste, philosophe et surtout connu pour ses écrits sur la dynamique non linéaire et les théories de l'organisation, a abordé cette question dans un article intitulé, Les philosophies de conception : Le cas du logiciel de modélisation.⁴³

Dans celui-ci, il développe deux théories différentes de la genèse de la forme. Le premier processus de création est cérébral, prenant sa forme une fois imposée à un substrat. Pour le second, les matériaux ne sont pas les « réceptacles inertes d'une forme cérébrale imposée de l'extérieur »⁴⁴. En proposant ce développement autour des notions de la forme et de la matière, il souligne le comportement complexe du matériau et mentionne ainsi l'artisan, pour qui la complexité de la matière ne date pas d'hier. En prenant pour exemple celui du forgeron qui devait chaque semaine trou-

⁴³ De Landa (Manuel).- Les philosophies de conception : Le cas du logiciel de modélisation (Barcelone, Editions ACTAR, 2001)

⁴⁴ Ibid, p.132



1. Georg Grasser, Nathan King, Kadri Tamre, Allison Weiler, Marjan Colletti

CMU II: Robotic Fabrication of phasechange materials

RexLab, University of Innsbruck and Harvard Graduate School of Design

Utilisation de HAL

2. Plug-in HAL

Exemples des outils et applications proposées par le plug-in HAL développé par Thibault Swartz

ver son fer dans une mine différente, il explique que celui-ci devait déjà tenir compte des diverses impuretés présentes au sein de la matière et s'y adapter. Il possédait un savoir « non-verbalisé », basé sur ses connaissances provenant de ses mains mais qui lui permettait de comprendre parfaitement le comportement du matériau qu'il avait entre les mains. Manuel De Landa insiste sur le fait que savoir propre à l'artisan n'est pas sa capacité à développer de façon linguistique son travail mais sa « connaissance du comportement complexe de la matière »⁴⁵. Dorénavant, les connaissances acquises par l'architecte sont confondues aux étapes même de production dès la base du projet. Cette logique, bien que proche de celle de l'artisan, intègre dans son savoir-faire une nouvelle forme de raisonnement. La spéculation de l'architecte semble aller au-delà de celle de l'artisan grâce aux potentialités inhérentes au digital qui associe design/conception et production/construction.

Plus loin dans son texte, l'auteur oppose « savoir-faire » et « connaissance linguiste » la première étant peu prestigieuse par rapport à la seconde, du fait de l'intérêt porté par les philosophes de l'époque à la connaissance mathématique. Il semblerait que cette opposition se soit complètement inversée puisqu'aujourd'hui, l'architecte est capable de programmer et développer son propre langage qu'est le code informatique.

Ce langage codifié est un signe indicatif quant à l'évolution en cours. En effet, le développement de nouvelles interfaces telles que HAL⁴⁶, spécifiquement créées à cet effet, assurent la transposition automatique de codes au robot coopératif. Celles-ci retranscrivent les données à la machine, pour exécuter les informations nécessaires à la poursuite du projet. La liaison entre le concepteur et la machine parfaitement contrôlée prouve que l'utilisation de ces derniers semble être de plus en plus adaptée à un contexte architectural.

L'interface HAL, développée par Thibault Schwartz, architecte diplômé de l'ENSAPM est un plug-in Grasshopper pour robots industriels. Elle possède une bibliothèque d'actions programmées pour le robot qui offre au concepteur la possibilité de programmer, simuler, contrôler en temps réel. Elle a été conçue pour faciliter les processus de programmation pour les stratégies de fabrication innovantes.

Il est ainsi possible d'écraser tous les intermédiaires entre les différentes phases du projet grâce au digital qui permet non seulement de concevoir le modèle 3D mais également de le transcrire directement au robot. L'implémentation instantanée permet donc de nombreux tests possibles

⁴⁵ Ibid, p.133

⁴⁶ HAL est un plug-in Grasshopper développé pour programmer les robots industriels tels que ceux de la marque ABB.

pour l'architecte.

Echange de mails avec Thibault Schwartz concepteur de HAL :

- Quel a été l'élément déclencheur qui vous a conduit à créer HAL ? Plutôt un manque de performances intrinsèque aux méthodes traditionnelles ou l'envie de répondre à une intention de design spécifique?

Les raisons de la création de HAL sont multiples. La première est liée à la flexibilité très réduite des interfaces de programmation et de simulation proposées par les fabricants de robots. Il serait plus convenable de dire que ces programmes sont flexibles pour qui veut les utiliser comme plateformes de développement d'outils spécifiques - à l'instar de HAL - ou pour les utilisateurs recherchant des applications métier prêtes à l'emploi - pour de la soudure par exemple.

La situation des architectes est très différente: nous souhaitons développer et expérimenter, dans des temps très courts, des applications intégrant des bras robotisés sans pour autant forcément comprendre la totalité des paramètres rentrant en jeu dans leur utilisation. En tant que développeur, HAL est pour moi un support d'apprentissage, car son écriture me permet de condenser et de mettre à disposition les connaissances que j'ai de ces machines et des problèmes de fabrication, de géométrie ou d'algorithmique liés à leur emploi. Cela me permet aussi de remettre en question ces connaissances ou de prendre conscience de leurs limites, et d'ainsi motiver ma curiosité pour des choses qui à première vue ne semblent pas forcément digne d'intérêt, ou au contraire hors de portée.

La première version de HAL était un essai, je voulais vérifier s'il était possible de contrôler ce type de machines depuis certains outils que j'utilisais quotidiennement (Rhinoceros & Grasshopper). La création de ce lien était très importante pour moi: ayant passé beaucoup de temps lors de mes études à travailler sur la représentation linguistique de problèmes liés à la notion de projet architectural - dans le but de véritablement utiliser les ordinateurs pour ce qu'ils savent faire: calculer - il me manquait l'outil qui me permettrait de produire physiquement, et avec une grande fidélité, les résultats que j'obtenais par le biais des algorithmes que je développais pour mes projets,

L'exercice que j'avais alors en tête pour vérifier cela - et que j'ai appliqué dans le cadre de mon Mémoire de Master avec R. Le Roy à l'ENSAPM - était d'employer des machines à commande numérique afin de produire des moules courbes pour fabriquer des panneaux de BFUHP non standards à moindre coût et avec une perte limitée de matière. J'ai d'abord essayé d'utiliser des machines de découpe laser mais celles-ci étaient trop limitées: les possibilités d'employer la courbure de façon continue avec ce procédé sont quasi nulles. Le fraisage, qui est la technique employée par l'industrie pour ce type de fabrication, produisait trop de pertes et avait

des temps de cycles trop importants pour obtenir des états de surfaces acceptables. Je me suis donc orienté vers la découpe au fil chaud avec un robot 6 axes, qui me permettait d'utiliser un bloc complet de polystyrène pour obtenir des moules de portions de surfaces réglées, et ce avec une perte de matière infime, une grande précision et un cycle de production très court. J'ai ensuite exploré quelques possibilités rendues effectives par ce procédé de découpe sur le plan architectural, notamment pour la réalisation économique de structures en coque.

- La précision permise par le contrôle des robots rend réalisable un grand nombre de mouvements générant des potentialités multiples pour de nouveaux processus de conception. Il semblerait que la création d'une interface comme HAL ne permette plus seulement d'imiter des opérations manuelles mais aussi de les augmenter ? Si oui à quel point ?

Je pense que la liberté de mouvement des robots 6 axes est plus apte à faire émerger de nouveaux procédés de fabrication que de nouveaux processus de conception. Les logiciels ont un impact infiniment plus grand que les robots sur l'évolution des méthodes de conception. Après tout, un robot n'est qu'une série de moteurs, leur intérêt réside dans leur grande généralité qui nous autorise à les employer pour à peu près n'importe quelle opération. Mais pour la mise au point de ces opérations spécifiques, il est nécessaire d'avoir un outil à fixer sur la machine, et un programme pour faire usage de l'outil et du robot. Or pour réaliser ce type de programmes avec les contraintes économiques et matérielles qui sont celles des agences et écoles d'architecture, une interface de programmation la plus neutre possible est nécessaire, ce que l'industrie ne fournit évidemment pas étant donné que les robots y sont la plupart du temps utilisés pour une douzaine d'applications spécifiques comme le fraisage, la soudure, la peinture, etc. C'est là où l'utilisation de plateformes de programmation relativement génériques comme Grasshopper & HAL ont du sens: elles permettent aux utilisateurs de retrouver un contrôle très poussé de leurs machines sans dépendre d'une application spécifique, la seule limitation étant le niveau d'abstraction du langage de programmation utilisé par le contrôleur.

Cela fait longtemps que les robots sont utilisés pour d'autres choses que des imitations d'opérations manuelles dans l'industrie, et bien que le milieu de l'architecture ne commence à s'intéresser à ces machines que depuis quelques années, tout le monde ne s'intéresse pas à l'imitation de la gestuelle humaine, loin de là. La découpe au fil chaud robotisée est typiquement un procédé que même la personne la plus précise de la planète ayant été entraînée toute sa vie ne pourrait jamais manipuler avec la même précision qu'une machine à quelques milliers d'euros.

- Si le développement de nouveaux processus est rendu réali-

sable par l'intermédiaire de HAL, peut-on assimiler le bras robotisé à une sorte de nouvel artisanat? Est-il plutôt purement fonctionnel ?

HAL assure le lien entre deux niveaux de programmation (géométrie et logique via Grasshopper / instructions en langage robot), mais ne propose pas d'applications métier comme le font les logiciels spécialisés, donc un lien direct entre programmation et construction ne peut dépendre directement de HAL, en tout cas dans son état de développement actuel. Après, rien n'empêche les utilisateurs d'employer le logiciel pour expérimenter des procédés liés à des problématiques de construction. L'usage que les gens font de ces machines est dans tous les cas étroitement lié à leur vision de l'architecture comme pratique, et force est de constater que peu d'architectes considèrent la construction comme l'aboutissement du processus de projet, ce qui me semble dommage. Une profession comme la nôtre a tout à gagner des machines et des logiciels, si ceux-ci peuvent motiver les nouvelles générations à s'intéresser un peu plus aux questions de production et de construction, au lieu de se complaire dans l'obscurantisme.

Le bras robotisé n'est qu'une machine, de la même façon qu'une scie ou un marteau le sont sauf que dans le cas du robot, celui-ci peut être à la fois la scie et le marteau. Si des utilisateurs de machines à commande numérique souhaitent - par le biais de l'utilisation de ces machines - revendiquer la pratique d'un «nouvel artisanat», pourquoi pas, mais j'ai de sérieux doutes sur le degré de nouveauté effectivement produit. Sur le plan technique, cette «nouveauté» a tendance à s'apparenter soit à une forme de conservatisme mortifère, soit à un romantisme absolu envers la machine et son emploi, soit à une propagande mercantile d'un opportunisme dérangeant. Qu'y a-t-il de nouveau par rapport à l'artisanat où la connaissance des matériaux et des procédés sont étroitement liés et parfaitement maîtrisés par l'artisan pour produire un objet à haute valeur ajoutée? Un artisan utilisant un robot - et il y en a beaucoup - reste un artisan, il a juste mis à jour ses connaissances et ses outils. Après il y a toujours la question de la limite entre l'artisanat et l'industrie: est-ce une question d'échelle de production? De méthodes de fabrication? De clientèle? Les robots tendent à brouiller ces facteurs d'appréciation.

De nouvelles perspectives sont possibles / transdisciplinarité pour l'architecture ?

La configuration des robots intégrant six axes de rotation et translation lui permet d'attendre une multitude de cibles situées au sein d'un « gabarit capable » défini en fonction de sa taille. Cet aspect fondamental, le différencie radicalement de la machine Jacquard, capable de travailler uniquement dans les directions X,Y et Z. Ce dernier est apte à recevoir l'information suivante : « Se déplacer vers X direction » - puis la machine

engage la commande permettant son exécution . Cependant, cette même action sera différente dans le cas d'une application robotique, puisque chaque mouvement, implique l'activation simultanée de six axes.

En supposant que méthodes traditionnelles, comme celle utilisée pour la dentelle dans notre cas, sont potentiellement convertissables en un processus digital, il est possible de les transformer en un langage codifié. Combinés à la puissance computationnelle, les méthodes manuelles sont ainsi réinterprétées, grâce à la puissance des machines dotées d'une précision incontestable. En outre, une autre possibilité à prendre en compte est leur capacité d'adaptation d'une part mais également du large choix possibles d'outils à leur associer d'autre part.

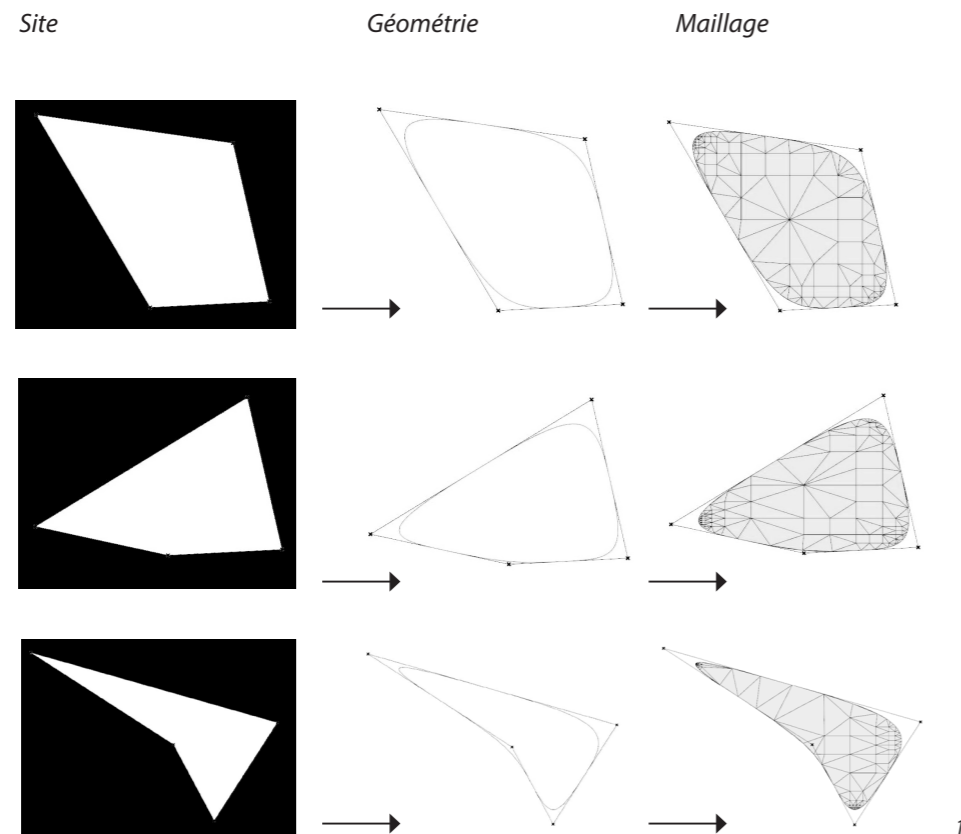
En parallèle, au même titre que l'artisan, l'architecte va ainsi devoir étudier l'outillage et l'adapter à ses recherches. Outre le caractère spécifique de chaque machine, il est désormais question de créer et d'intégrer des outils significatifs et performatifs à chacune de celles-ci, afin d'agrandir la liste des tâches possibles à réaliser.

Dans cette optique, cette démarche offre à l'architecte la possibilité de s'émanciper de l'unique champ de l'architecture en proposant des nouvelles associations entre l'outil et la machine. Pour ce faire, de nouveaux procédés rendent possible cette forme de création, tel que les impressions 3D.

Dans le cas de ce développement, un des objectifs tente de souligner cette approche nouvelle autour du mélange des disciplines. Entre mode et architecture, créer un nouvel outil traditionnel emprunté à l'une et couplé à une machine ayant pour vocation de répondre à l'autre, est une approche qui tente de démontrer la transdisciplinarité inhérente à ces nouvelles technologies.

Cette flexibilité autour des machines rend les procédés et manipulations matérielles plus ouvertes. Les interactions entre plusieurs disciplines apparaissent ainsi comme un nouveau guide pour le design, un design de plus en plus spécifique.

L'aspect transdisciplinaire naissant prouve alors que si le contrôle des processus est atteint, les frontières s'effacent et les potentialités pour le projet sont de plus en plus multiples.



1. Marie Lhuillier

Exemples d'applications possibles de maillage en fonction de différentes données relatives à un site

3. Protocole expérimental

3.1 Description du projet

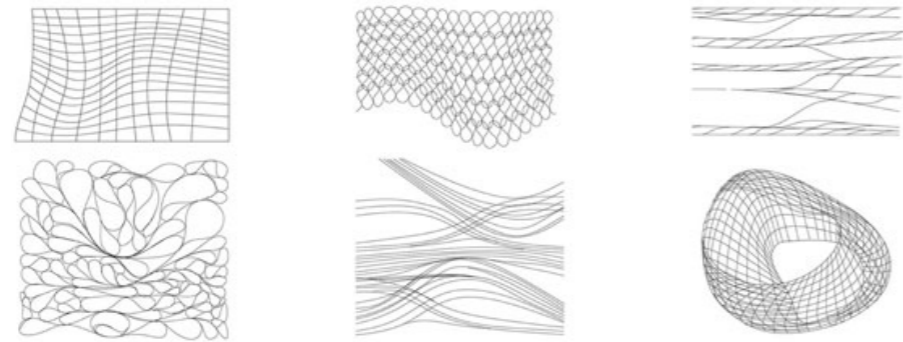
Généralités

L'architecture à laquelle nous souhaitons aboutir doit prouver sa capacité d'adaptation en atteignant différents degrés d'autonomie lors d'une interaction avec des instructeurs. Elle contribue au questionnement passé et actuel sur l'intelligence des machines. L'enjeu consiste à faire évoluer la technique de la dentelle pour une architecture innovante.

Dans le but d'aboutir à des résultats performants tout en maîtrisant le coût, et du fait des variations géométriques liées au processus, l'utilisation de machines numériques aura pour but de concilier ces différentes demandes tout en répondant à une exigence de précision la plus optimale possible. Deux étapes seront nécessaires pour la fabrication et la mise en œuvre du projet. L'usage de robot ABB interviendra dans ces deux étapes de fabrication, d'une part pour la partie conception puisqu'il s'agira de tisser le maillage (préalablement calculé grâce au logiciel Wistex, en fonction des matériaux choisis) et d'autre part pour la mise en place du maillage sur site, étendu, disposé, étiré de façon à optimiser les propriétés de chaque matériaux utilisés pour le tressage.

Site

La conception assistée par ordinateur sera utilisée pour tester grâce à des simulations de nouvelles possibilités architectoniques. Couplé à une fabrication robotisée, le processus a pour objectif de créer une structure hautement performante. En revanche, pour parvenir à cette optimisation il s'agira d'opérer un placement spécifique des fibres. L'orientation et la position de chaque fibre seront liées aux caractéristiques des besoins locaux du site dans lequel viendra se placer la structure. Ce sont donc les conditions locales (à chaque fois différentes en fonction des différentes échelles prises en compte) qui seront la base pour la génération du projet.



1



2

1. SplineTex

Fibre composite développée en 2011, Université de Innsbruck
Schéma représentant les types de structures permises par le matériau

2. SplineTex

Exemple de structure

Pour cela, une analyse au préalable du site permettra de déterminer les données à prendre en compte (hauteur de la structure, surface au sol, points d'attache...) afin de les intégrer à un système ayant pour capacité d'être sans cesse réactualisé en fonction des besoins spécifiques.

Matériaux

L'exploration morphologique de dentelle digitale appliquera des conditions structurales particulières prenant en compte le site dans lequel elle s'insère d'une part, et les matériaux intervenant au sein du maillage d'autre part.

Concernant la recherche morphologique et les matériaux ou plutôt la matière qui la constitue, il est indispensable de présenter le Silk pavillon tissé en soie par les membres du groupe Media Lab⁴⁷ du MIT. Grâce à un échafaudage placé sous un éclairage imitant la trajectoire du soleil, six mille cinq cent vers à soie ont tissé un cocon aux capacités structurelles résistantes et élastiques.

Les ordinateurs ont permis de décrypter le processus de filage des vers. Ils ont ainsi pu mémoriser les points posés par les insectes pour les reproduire à plus grande échelle. Cette collaboration entre technologie et nature a permis de mettre en place de nouveaux types de fils, grâce à l'exploration biologique de la matière, assurant différents niveaux de densité, de tension et de solidité pour la structure.

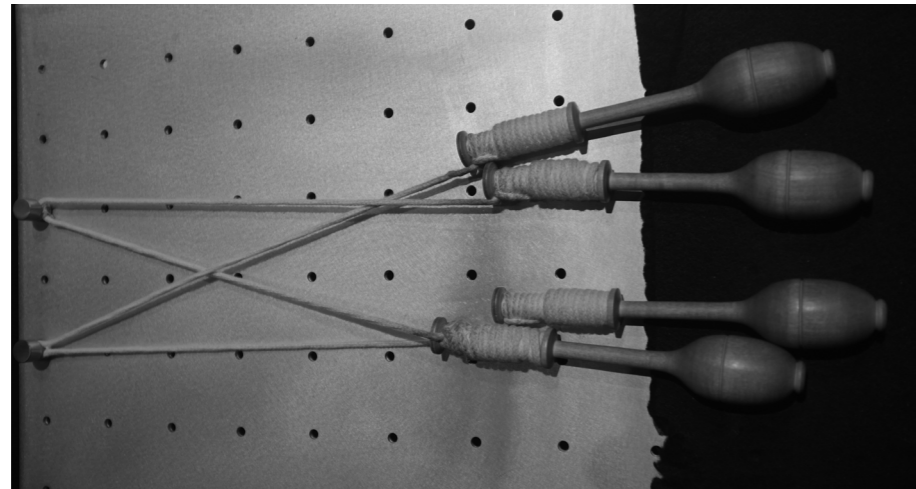
Extraire les potentialités propres aux matériaux, de plus en plus innovants et parfois originaux, est donc aujourd'hui un des enjeux recherchés par l'architecture, la robotique étant désormais la clé pour réaliser ces structures complexes.

La recherche de possibilités innovantes étant un point majeur pour la réalisation du projet, le choix des matériaux sera donc primordial. Les composites mentionnés précédemment seront utilisés dans le but de créer une structure performative. En 2011, Un groupe de chercheurs de l'Université d'Innsbruck a mis au point un nouveau procédé de tubes flexibles composites à fibres therm durcissables. Cette technologie a fait naître un nouveau type de fibre, splineTEX[®], dont les applications sont exponentielles. Du design à l'architecture, elle permet un champ d'applications multiples. En effet, contrairement aux procédés de fabrication classiques pour former des éléments structurels géométriquement complexes en composite, la

⁴⁷ MIT Media Lab : Professeurs Neri Oxman, Markus Kayser, Jared Laucks, Carlos David Gonzalez Uribe, Jorge Duro-Royo / Recherche et Design du Mediated Matter Research Group au MIT Media Lab en collaboration avec le Professeur Fiorenzo Omenetto (TUFTS University) et le Docteur James Weaver (WYSS Institute, Harvard University).



1



2

1. Point d'Alençon

Dentellière réalisant le point d'alençon, 1960
Photo: Marie Lhuillier lors de la visite du musée de la dentelle, Calais, octobre 2012

2. Dentelle aux fuseaux

Premiers fuseaux datent de 1620. La technique se pratique jusqu'en 1650
Photo: Marie Lhuillier lors de la visite du musée de la dentelle, Calais, octobre 2012

fibres en question peuvent être produites sans moule. De plus, en raison de sa technologie particulière basée sur des composants creux, les déformations qui peuvent lui être appliquées sont nombreuses.

Ainsi, la compétence de ce matériau réside à la fois dans le développement de prototypes et/ou de constructions spéciales. C'est pourquoi, l'usage de cette fibre semble être adapté à un processus nécessitant flexibilité et déformation.

Les échelles et la géométrie de la structure seront étudiées et adaptées à la fibre pour être modifiables et ajustables en fonction des propriétés recherchées.

3.2 Technique requise

Analyse des points de dentelle traditionnelle

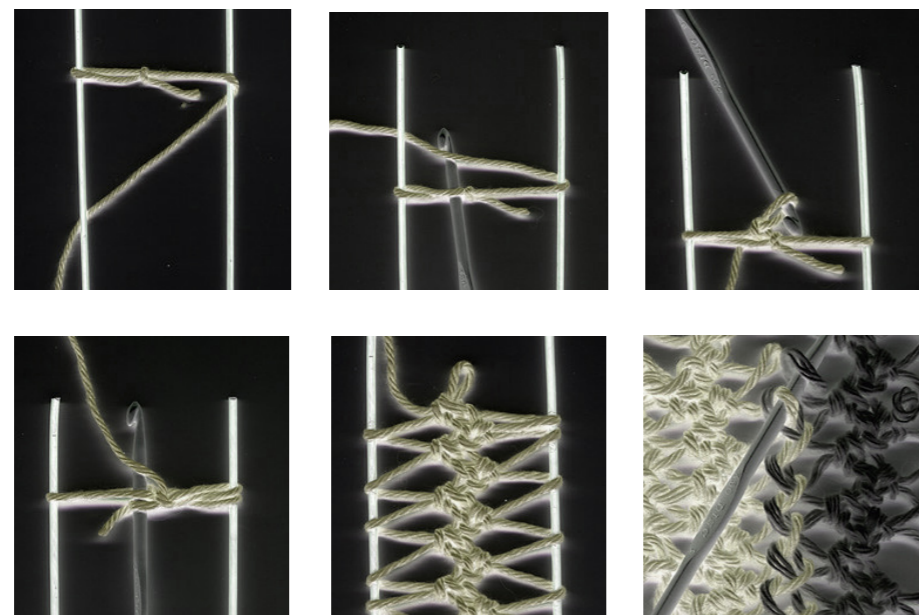
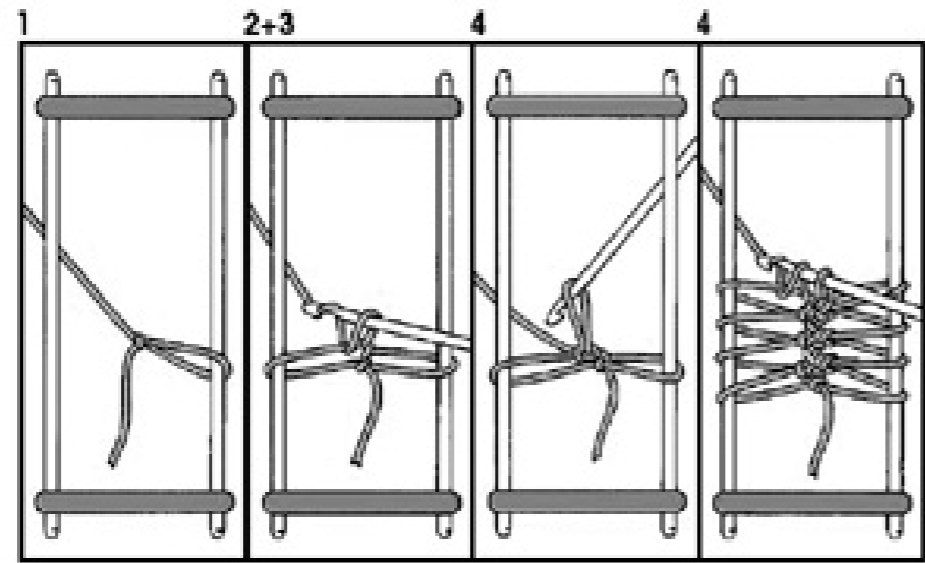
Afin d'explorer ce que peut être un «dentelage robotisé», le point de départ se basera sur un des systèmes existants utilisés pour créer la dentelle. Pour cela, les trois exemples de fabrication traditionnelle comparés ci-dessous permettent de choisir la technique la plus appropriée transposable à la fabrication robotique.

- Le point d'alençon :

La technique de ce point se réalise en dix étapes indispensables. Trois d'entre elles, concernent la réalisation du motif. La première est le piquage qui est la perforation du dessin. Vient ensuite le réseau qui permet de mettre en place la structure de la dentelle, et enfin les remplis qui sont des points spécifiques au décor de la maille. Son exécution nécessite plusieurs étapes successives : le dessin et le piquage du motif sur le parchemin, la réalisation de la base des motifs et des mailles transparentes en arrière-plan, puis les points représentatifs des décors, les remplis pour créer des ombres, diverses modes décoratives, et enfin les brodes pour donner le relief. Intervient ensuite le levage pour détacher la dentelle du parchemin.

- La dentelle aux fuseaux :

Les dentelles aux fuseaux sont toutes faites selon deux mouvements de base : le croisement et la torsion. Il y a quatre fuseaux en main, deux dans chaque main.



1. Dentelle à la fourche

Schéma représentant les différentes étapes successives nécessaires à la fabrication d'une dentelle à la fourche

2. Tests

Essais réalisés avec un crochet à denteller et de la laine

Le croisement se fait en passant le deuxième fuseau sur le troisième. Le croisement se fait simultanément en passant les fuseaux deux et quatre, sur les fuseaux un et deux.

-Dentelle à la fourche :

La fourche est un outil utilisé pour une technique particulière qui dérive du crochet.

Elle est constituée de deux branches fixes permettant au crochet de réaliser une multitude de noeuds formant des « bandes ». Les branches de la fourche ont des écartements variables pour donner à ces bandes des largeurs différentes. Celles-ci peuvent ensuite être assemblées entre elles par un autre type de noeuds pour former des pièces plus grandes.

La comparaison de ces trois techniques, permet d'ores et déjà de supprimer le point d'Alençon. En effet, la multiplicité des étapes ainsi que la nécessité d'utiliser un support (parchemin) est inadapté à un processus dont l'enjeu consiste en une seule et même étape de fabrication. La dentelle aux fuseaux est quant à elle plus apte à être réinterprétée. En effet, les mouvements à opérer pour le croisement des fils laissent imaginer un mécanisme parfaitement automatisable.

Choix de la méthode adaptée

Pour ce projet, dont objectif ne tend pas à enchevêtrer mais à nouer, la technique de la fourche semble être la plus adéquate. En effet, les deux branches à écartement variable qui la constituent simuleront un "échafaudage" qui servira de structure pour le modèle à tisser.

Les bandes obtenues par l'accumulation des noeuds seront utilisées comme des surfaces à double courbures pouvant être associées entre-elles.

Le crochet quant à lui sera l'outil à intégrer au robot pour permettre le tissage.

1. Le commencement est un simple noeud dans lequel vient se placer le crochet. Il faut ensuite agripper le fil supérieur pour le faire passer dans la boucle précédente.

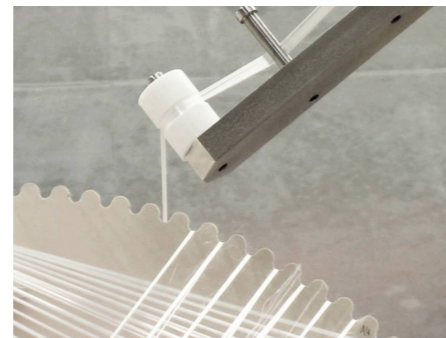
2. La technique reste quasiment identique pour cette nouvelle étape, à une différence. Avant d'agripper le fil supérieur il faut tout d'abord retenir le fil inférieur, puis faire passer les deux dans la boucle. A la fin de cette étape le premier noeud est formé.



1



1. Achim Menges & J.Knippers
ICD/TKE Research Pavillon, 2012, Stuttgart
University



2

2. Achim Menges & J.Knippers
ICD/TKE Research Pavillon, 2012, Stuttgart
University
Structure permettant la mise en oeuvre du
pavillon

3. A la fin de la deuxième étape, il est indispensable de retourner la fourche de 180°. Cette rotation permettra ainsi de générer une suite de noeuds. Il est désormais question de reproduire le même travail qu'à l'étape 1.

Pour aboutir au tissage, le positionnement du crochet doit s'opérer de part et d'autre de la fourche.

De ce fait, cette particularité fondamentale liée au changement de position de l'outil est une étape indispensable au bon déroulement du processus.

Contraintes topologiques

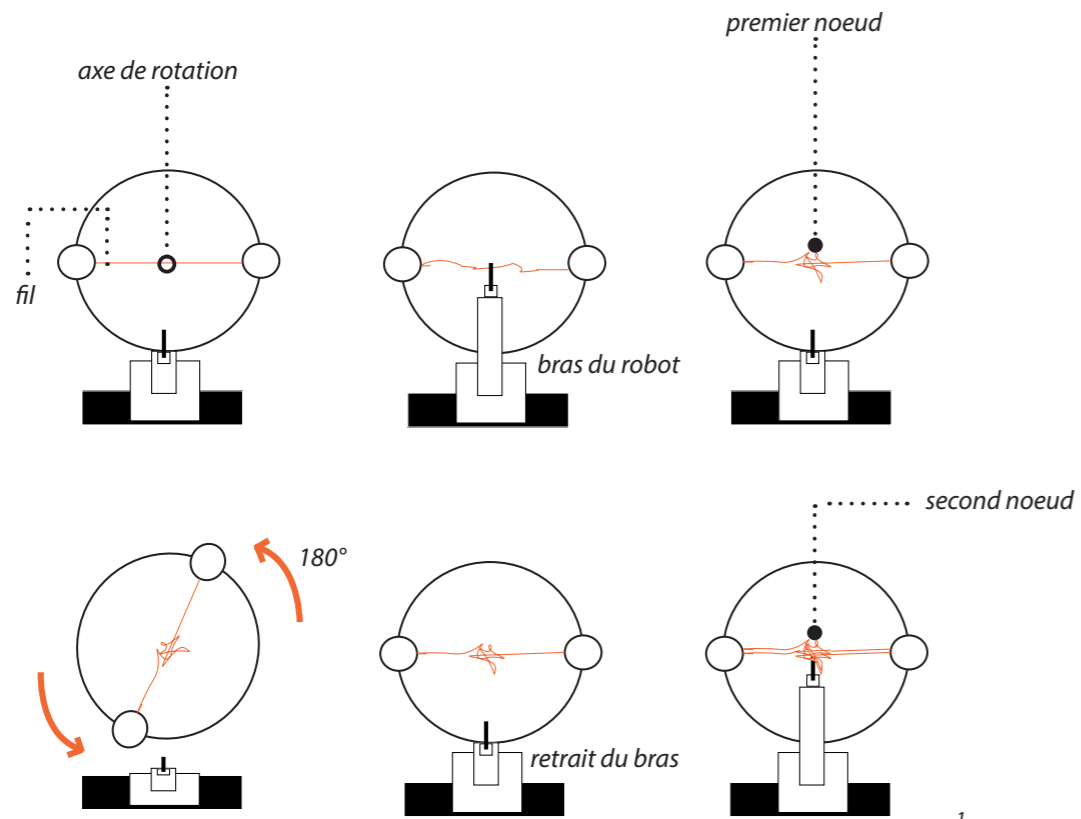
Il s'agit de faire naître une dentelle à l'issue d'un process dont on connaît le fonctionnement avec ses limites. Le process est une génération de comportements au sein d'un tout et révèle des singularités s'organisant au sein d'un système dynamique. Il faudra définir un système dont l'usage recherché l'exige, car la quête d'un système détermine la méthode. Pour cela, il est indispensable de prendre en considération les limites intrinsèques à l'usage d'un bras robotisé:

Difficultés majeures:

- Impossibilité de gérer le croisement des axes sans aboutir à des collisions
- Obligation de lâcher le fil pour le reprendre après : rupture de continuité
- Espace de travail limité selon la taille du robot

Le tissage étant une accumulation et une succession de noeuds, des difficultés topologiques liées aux croisements des bras du robot sont donc inévitables. Pour cette raison, une solution alternative a été développée par Achim Menges, qui rassemble en novembre 2012, l'Institute for Computational design (CIM) et l'Institut d'ouvrages de construction et de conception structurelle (ITKE) à l'Université de Stuttgart pour la conception d'un pavillon de recherche entièrement robotisée fabriqué à partir d'un tissage de fibres de carbone et fibres de verre. Une structure dentelée réalisée à partir des principes d'exosquelettes a été créée pour assurer la mise en place des fibres. Un robot, monté sur une plateforme rotative en mouvement autour du modèle, réalise cet «enroulage» dont le résultat aboutit à un agglomérat filamentaire qui de fait, est un élément fini. En utilisant ce procédé, Achim Menges détourne ainsi les contraintes topologiques des noeuds liées au tissage.

En réalité, il n'a pas pour vocation d'être un outil idéal pour la fabrication architecturale. L'utilisateur ne doit pas penser un outil pour le robot mais reconcevoir une nouvelle technique à mettre en oeuvre avec le robot. En



1. Schéma du processus de tressage

Changement de position de l'axe de rotation de 180° et tressage robotisé

effet, la technique traditionnelle qui consiste en un entrelacement des fils ne peut être appliquée de manière robotisée. Elle implique le croisement des bras du robot, supposant des problèmes de collisions. Pour concevoir cette dentelle robotisée, il sera question de contourner la technique traditionnelle en intégrant au processus de fabrication une interface supplémentaire dont le but sera de supprimer ces impossibilités techniques.

Pour proposer un principe de tressage robotisé et réinterpréter la technique de la dentelle à la fourche, l'objectif vise à développer une alternative permettant au robot d'exécuter les mouvements propres à ce procédé.

3.3 Tests physiques

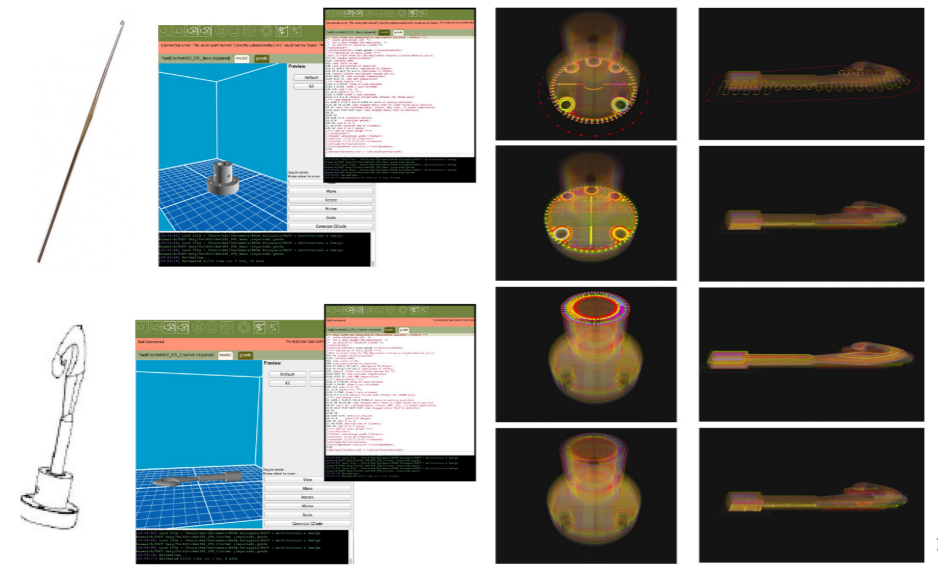
Etude du mouvement relatif au parcours du crochet

La naissance d'une nouvelle technique implique l'apparition de nouveaux gestes et de nouvelles compétences. Ainsi, la fabrication robotique doit permettre à la fois l'exploration d'un nouveau répertoire de possibilités architecturales et le développement de structures extrêmement légères et matériellement efficace.

Cependant, comme vu précédemment, les caractéristiques topologiques liées au tissage, rendent impossible la gestion des noeuds pour un robot. L'enjeu consiste alors à contourner ce problème en proposant une interface combinée à ce dernier. Il sera donc question d'appliquer à l'armature (fourche) un système rotatif lui permettant de renverser sa position et ainsi de faciliter le chemin du crochet. Ainsi, par cette articulation entre le robot et l'armature, la nouvelle interface créée permettra à l'outil de générer le parcours d'outil aboutissant à la création des noeuds, obtenus par la rationalisation du mouvement.

1. Position initiale: Le bras du robot commence le premier mouvement, création du premier noeud

2. Position intermédiaire: Le bras du robot se retire pour revenir à sa position initiale. Le plateau de la fourche pivote de 180° et se replace, prêt pour permettre au robot générer le second noeud. Celui-ci peut le mouvement pour créer le deuxième noeud.



1. Outil crochet

Modélisation et vérification des fichiers pour la création de l'outil en impression 3D
Marie Lhuillier

3. Outil fourche

Réalisation de la nouvelle fourche aux dimensions adaptées à l'utilisation robotisée
Matériaux: PVC, Plexiglass



2.Outil crochet

Outil finalisé et réalisé en impression 3D
Dimensions: 11cm x 1cm
Marie Lhuillier

3. Position finale: Le bras du robot exécute le second nœud.

Création des outils : La fourche et le crochet

Le crochet: L'outil destiné à être fixé au robot a été préalablement modélisé avec les logiciels Grasshopper et Rhinocéros, à partir du modèle traditionnel du crochet. La géométrie a été adaptée pour permettre une plus grande accroche du fil (accentuation de la courbe haute). Le modèle a ensuite été testé sur le logiciel Magic et converti en fichier STL, pour l'imprimante 3D. Dimensions: L=50 x l=1.5 cm

La fourche: Deux tubes en PVC constituent l'armature de la fourche. Celle-ci est montée sur un plateau rotatif permettant une rotation de 180°. Elle correspond au changement de position nécessaire entre chaque série de noeuds. Le mouvement s'active de façon manuelle. A terme, il serait possible d'imaginer un procédé de type Arduino⁴⁸ pour automatiser le système. Dimensions: L=50 x l=50 x h=60 cm

Etude du mouvement relatif au parcours du crochet

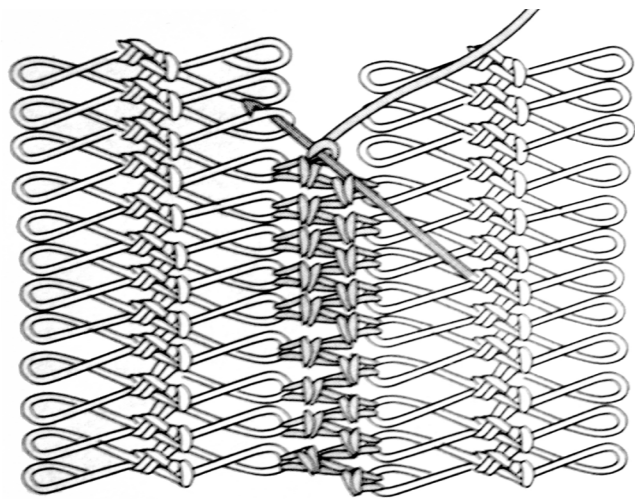
La série de tests réalisée à la main a été réalisée avec plusieurs types de fils. Les différents facteurs d'élasticité de ceux-ci ont prouvé la cohérence ou non à créer ce type de tressage. En effet, les fils ayant une forte élasticité se désolidarisent constamment du crochet rendant le parcours d'outil très difficile. Le résultat est alors irrégulier du fait de l'écartement plus ou moins important entre les noeuds.

Les fils ayant une importante raideur, sont à l'inverse plus adaptés au système. Ils sont tressés de façon constante et le rythme produit par l'outil aboutit à un résultat homogène, structurellement plus fiable. Les bandes créées sont retirées des branches de la fourche et assemblées entre-elles. Les noeuds de liaison varient légèrement à cette étape. Quant à la connexion entre deux éléments, elle assure la continuité et accentue la rigidité de l'ensemble.

⁴⁸ Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre mais dont certains composants sur la carte, comme le microcontrôleur par exemple, ne sont pas en licence libre) sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, etc. C'est une plateforme basée sur une interface entrée/sortie simple. Il était destiné à l'origine principalement mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques. C'est une partie de l'explication de la descendance de son interface de programmation de Processing, lui-même inspiré de l'environnement de programmation Wiring¹. Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex. : Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Usine Hollyhock, Pure Data, SuperCollider). En 2011, les versions vendues sont préassemblées. Des informations sont fournies pour ceux qui souhaitent assembler l'Arduino eux-mêmes. Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Arduino>



1



2

1. Tests physiques

Maquette réalisée selon la technique de la dentelle à la fourche
 Matériau: Laine élasthane
 Marie Lhuillier

2. Assemblage

Schéma d'assemblage de deux bandes en un unique élément
 Marie Lhuillier

Conclusion

Il est intéressant de réunir deux univers que tout semble opposer au premier abord : la dentelle et la robotique. La première, technique multi-séculaire, parure de riches bourgeois puis ornementation légère et érotique, à proximité du corps, de l'affect, continue d'être bouleversée par la seconde, innévitale continuité depuis la révolution industrielle, puis computationnelle.

Il paraît nécessaire de revenir sur le matériau principal, et ne plus l'analyser comme technique ornementale, mais l'appréhender comme matériau en soi, afin de ne pas lui imposer une forme prédéfinie. Il s'agit de coder le matériau en amont, sans prédisposition géométrique, pour une conception qui ne peut être que digitale dans un aller-retour permanent entre modèle informatique, prototype physique et sensoriel.

C'est ainsi que la dentelle peut être appréhendée de manière digitale, dont les champs d'applications concernent évidemment la mode, mais tout autant l'architecture, vers des recherches sur la lumière, la spatialité, la matière, etc. La mise en place d'un système, réglé, d'informations sur un matériau brut, permet de générer de nombreuses possibilités, de variations, et d'applications.

Un tel objectif ne peut se réaliser dans le discours, nécessitant de se traire par un protocole expérimental. Après avoir recherché la technique la plus adaptée, en vue d'une complémentarité avec un robot, il s'est avéré que l'emploi de la fourche, couplée avec un crochet articulé, s'approchait au mieux d'une des techniques dentellières existantes.

Un processus qui reste encore à expérimenter, au sein d'une pratique qui dépasse le cadre d'un mémoire de recherche.



1. Musée de la dentelle, Calais, FRANCE
Façade du bâtiment

4. Annexes

4.1 Visite du musée de la dentelle / Calais / octobre 2012

Le site patrimonial de Calais est une ancienne manufacture constituée de trois bâtiments disposés en U, édifié dans les années 1870-1880. C'est une usine collective regroupant plusieurs ateliers desservis, dans la cour intérieure par deux tours-escaliers et des coursives aux étages. Un mode d'occupation spatiale et d'organisation spécifique. Cet ensemble est intégré dans un urbanisme caractéristique qui s'est développé au XIXème siècle autour de cette industrie naissante: La dentelle mécanique, au coeur d'une cité nouvelle qui témoigne des enjeux économiques et sociaux que représente cette aventure industrielle.

Pour affirmer la modernité de ce projet muséal, les architectes ont réalisé, en contrepoint, une construction contemporaine orientée vers les quais et le port, un signal fort et visible de loin. En façade, le décor en verre sérigraphie les cartons Jacquard symbolisant cette industrie.

Le parcours du musée est décomposé selon cinq thèmes principaux qui sont les suivants:

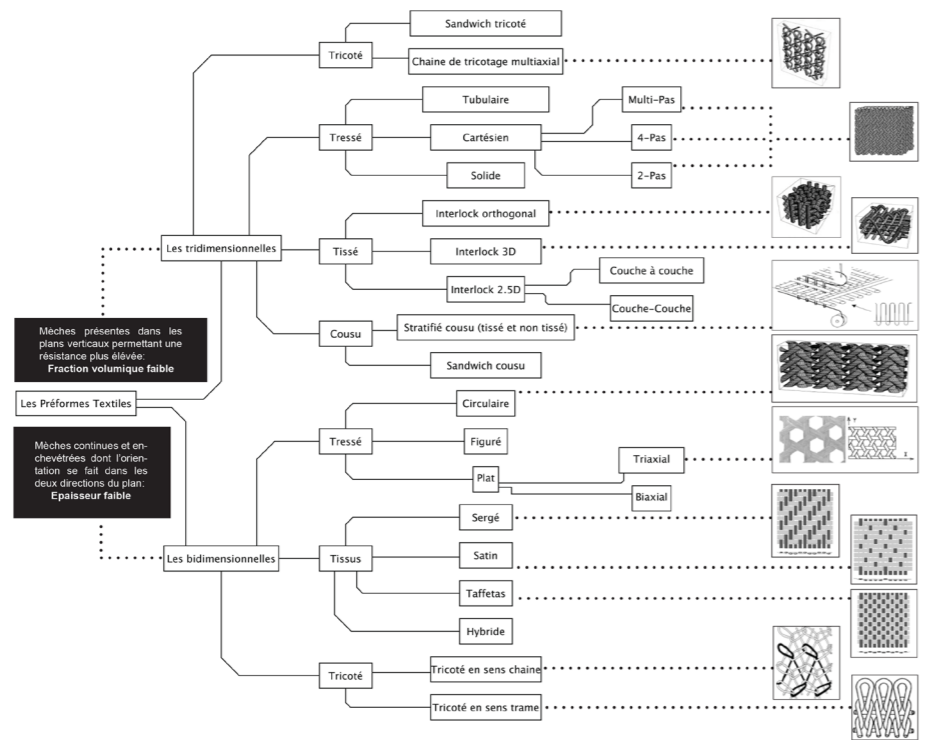
- Au temps de la dentelle à la main
- L'aventure industrielle de la dentelle à Calais
- L'atelier de fabrication et les métiers de la dentelle
- Mode en dentelle au XXème siècle
- Présent et futur de la dentelle

4.2 Les préformes textiles

Les matériaux composites à renfort tissés supposent un choix précis du type de matrice et de renfort, ainsi que de l'arrangement des fibres en fonction des propriétés finales recherchées (propriétés mécaniques, aspect de surface,...). Par contre, le choix de la mise en œuvre, dépend de la pièce à réaliser. En effet, la nature des pièces (type de fibre et type de matrice) et leur géométrie, rendent certaines méthodes de procédé de fabrication plus convenables que d'autres.

A travers leur microstructure de fibre, les composites textiles offrent la possibilité de création du motif adapté aux performances désirées. Pour cette raison, les composites textiles sont classés parmi les matériaux innovants de nos jours. Ils ne cessent d'évoluer vers des produits de plus en plus performants.

Les fibres avec l'aide de machine à tisser, donnent naissance à des préformes résistantes pour des applications structurales. Le document ci-contre expose une gamme type de préforme textile répandue dans le domaine des structures composites. Elles sont de deux types, bidimensionnelles et tridimensionnelles. Les préformes bidimensionnelles se composent d'un empilement de plis indépendants l'un de l'autre, dont le transfert de charge est réalisé principalement dans les deux directions du plan. Par contre, les préformes tridimensionnelles permettent d'assurer un transfert de charge selon les trois directions de l'espace. La majorité des préformes textiles bidimensionnelles sont les tissus, les tricotés, les tressés et les triaxiaux. Pour les tridimensionnelles ce sont les tissés, les cousus, les tricotés et les tressés.



1. Schéma des plateformes textiles 2D/3D
Ensemble de données rassemblées autour des différentes plateformes 2D/3D existantes



1. Iris Van Herpen

Collection Crystallization, Juillet 2010, Amsterdam Fashion Week
3D Printing

4.3 Iris Van Herpen : présentation

Traduction de la bibliographie d'Iris Van Herpen extraite du site internet de l'artiste⁴⁹.

«Les règles normales ne s'appliquent pas» Iris Van Herpen

Iris van Herpen illustre une étroite relation entre artisanat et innovation dans son usage de la technique et des matériaux. Elle crée une vision moderne de la Haute Couture qui combine les techniques de travail manuelles fines grâce à la technologie numérique. Elle pousse ainsi la mode à l'extrême contradiction entre beauté et régénération. C'est sa façon unique de réévaluer la réalité et ainsi d'exprimer et de souligner l'individualité.

L'essence de van Herpen exprime le caractère et les émotions d'une femme à la quête de l'expression de la forme et du corps féminin. Elle mêle artisanat et anciennes techniques avec l'innovation croissante qui se développe constamment dans le domaine des matériaux.

Sa façon de considérer son art est à ce sujet clairement définie : « Pour moi, la mode est une expression de l'art qui est très proche lié à moi et à mon corps ». Je considère que c'est l'expression de l'identité combinée avec le désir, l'humeur et le contexte culturel.

« Dans tout mon travail, j'essaie de faire comprendre que la mode est une expression artistique, intégrée à l'art, et n'a pas pour seule vocation d'être un outil commercial. Avec mon travail, j'ai l'intention de montrer que la mode peut certainement avoir une valeur ajoutée dans le monde, qu'elle peut être intemporelle et que sa consommation peut être moins importante qu'à son début . Le port de vêtements crée une forme excitante et révèle l'expression de soi . «La forme suit la fonction » n'est pas un slogan avec lequel je suis d'accord. Au contraire, je trouve que les formes se complètent et modifient le corps et donc l'émotion . Le mouvement, est une notion pour et dans le corps, est tout aussi importante dans mon travail. En combinant la forme, la structure et les matériaux ensemble dans une nouvelle manière, j'essaie de proposer et de provoquer une sorte de tension et un mouvement optimal».

Iris ses créations nécessitent à chaque fois un traitement unique de recherche pour utiliser sans cesse de nouveaux matériaux . Elle promeut ainsi la recherche interdisciplinaire et collabore souvent avec d'autres artistes ou scientifiques .

⁴⁹ <http://www.irisvanherpen.com/about#iris-van-herpen>

Bibliographie

Mode

Bruggeman (Martine).- L'Europe de la dentelle (Bruges, Editions Stichting Kunstboek)

Fosse (Martine), Boucher (Shazia), Henwood (Sophie) Hamy (Arnaud).- Galerie des collections, Cité Internationale de la Dentelle et de la mode (Ca-lais, 2010)

Hodge (Brooke).- Skin + Bones : Parallel Practices in Fashion and Architec-ture (Los Angeles, Editions Thames & Hudson, 2006)

Revere (David) McFadden, Scanlan (Jennifer), Steifle Edwards (Jennifer).- Radical Lace & Subversive Knitting (New York, Museum of Arts & Design, 2007)

Watt (Judith).- Alexander McQueen (Paris, Editions Eyrolles, 2013)

Architecture

Architectures expérimentales 1950 – 2012.- Collection du Frac Centre (Or-léans, Editions HYX, 2013)

Benjamin (Andrew). - Surface effects: Borromini, Semper, Loos, in The Jour-nal of Architecture, Volume 2 Issue 1 (London, Routledge, RIBA, 2006)

Bruter (C.P).- Topologie et perception, t.II: Aspects neurophysiologiques (Paris, Maloine & Doiñ, 1976)

Cache (Bernard).- Terre meuble (Orléans, Editions Hyx, 1997) première édi-tion : Earth Moves The Furnishing of Territories (Cambridge, MIT Press, 1995)

Cache (Bernard).- Objectile, poursuite de la philosophie par d'autres moyens? dans Les Cahiers du Musée National d'Art Moderne n°82 Hiver 2002/2003 (Paris, Editions du Centre Pompidou, 2002)

Carpo (Mario).- The alphabet and the Algorithm (Cambridge London, The MIT Press, 2011)

De Landa (Manuel).- Les philosophies de conception : Le cas du logiciel de modélisation (Barcelone, Editions ACTAR, 2001)

Gramazio (Fabio), Kohler (Matthias).- Digital Materiality in Architecture (Ba-den, Lars Müller Publishers, 2008)

Loos (Adolf).- (trad. Sabine Cornille et Philippe Ivernel), *Ornement et Crime : et autres textes* (Paris, Editions Payot et Rivages, coll. « Rivages poche / Petite bibliothèque », 1908)

Lucan (Jacques).- *Composition, Non-composition : Architectures et Théories, XIXe-XXe siècles* (Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, collection Architecture, 2009)

Migayrou (Frédéric).- *Les ordres du non standard*, in *Architectures non standard* (Paris, C.N.G.Pompidou, 2003) catalogue de l'exposition éponyme

Migayrou (Frédéric).- *Naturaliser l'Architecture : ArchiLab 2013* (Orléans, Editions HYX, Collection Franc Centre, 2013)

Morel (Philippe).- *Computation or Revolution*, in *Architectural Design, Made by robots : Challenginf Architecture at the Large Scale*, à paraître

Moussavi (Farshid), Kubo (Michael).- *The Function of Ornament* (Cambridge, Barcelona Actar, 2008)

Art

Duchamp (Marcel).- *Notes* (Paris, Flammarion, Champs Flammarion n°637, 1999, textes 1920-1965)

Littérature

Bois (Yves Alain), Krauss (Rosalind).- *Catalogue L'informe, mode d'emploi* (Editions du Centre Pompidou, 1983)

Bourgine (Paul).- *Paul, Morphogénèse, L'origine des formes* (Editions Belin, 2006)

Callois (Roger).- « La Dissymétrie », *Cohérence aventureuses* (Paris, Editions Gallimard, 1973)

Deleuze (Gilles).- *Le Pli Leibniz et le baroque* (Paris, Editions de Minuit, 1988)

Foucault (Michel).- *Le corps utopique* (Editions Lignes, 2009)

Jacob (François).- *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité* (Paris, Editions Gallimard, 1976),

Webographie

Association for Robots in Architecture : <http://www.robotsinarchitecture.org>

Massachusetts Institute of Technology : <http://www.mit.edu>

Stuttgart University: <http://icd.uni-stuttgart.de/?cat=6>

SplineTex : <http://www.supertex.at>

Nicolas Schoffer : <http://www.olats.org/schoffer/>

Iris Van Herpen : <http://www.irisvanherpen.com>

Julia Koerner : <http://www.juliakoerner.com>

WiseTEX: <http://www.mtm.kuleuven.be/Onderzoek/Composites/software/wisetex>

Dentelles d'architecture: <http://www.mav-npdc.com/fiche/dentelles-architecture/>

Kelly Kevin : Better than Human: Why Robots will-And Must-Take Our Jobs, 12.24.12 : <http://www.wired.com/gadgetlab/2012/12/ff-robots-will-take-our-jobs/all/>

<http://www.wikipedia.fr>