

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

Ecole Technologique – La mécanique en 2030

ANF MECA 2030 – 29 septembre 2025 – Port Barcarès

Maude Guirault – maude.guirault@femto-st.fr



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS



UNIVERSITÉ
MARIE & LOUIS
PASTEUR



Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

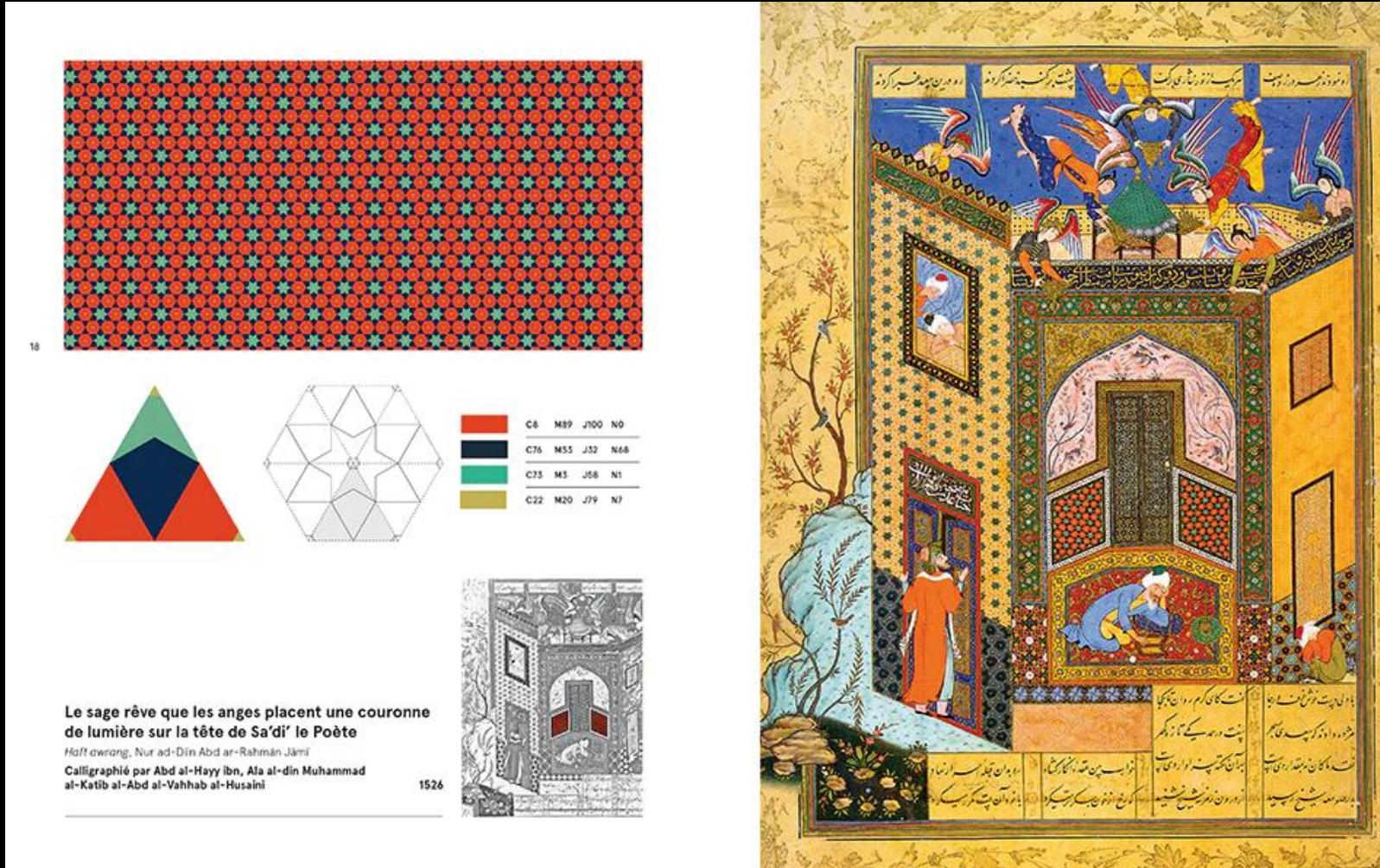
1 – Patterns et matériaux auxétiques

Patterns et matériaux auxétiques

Pattern

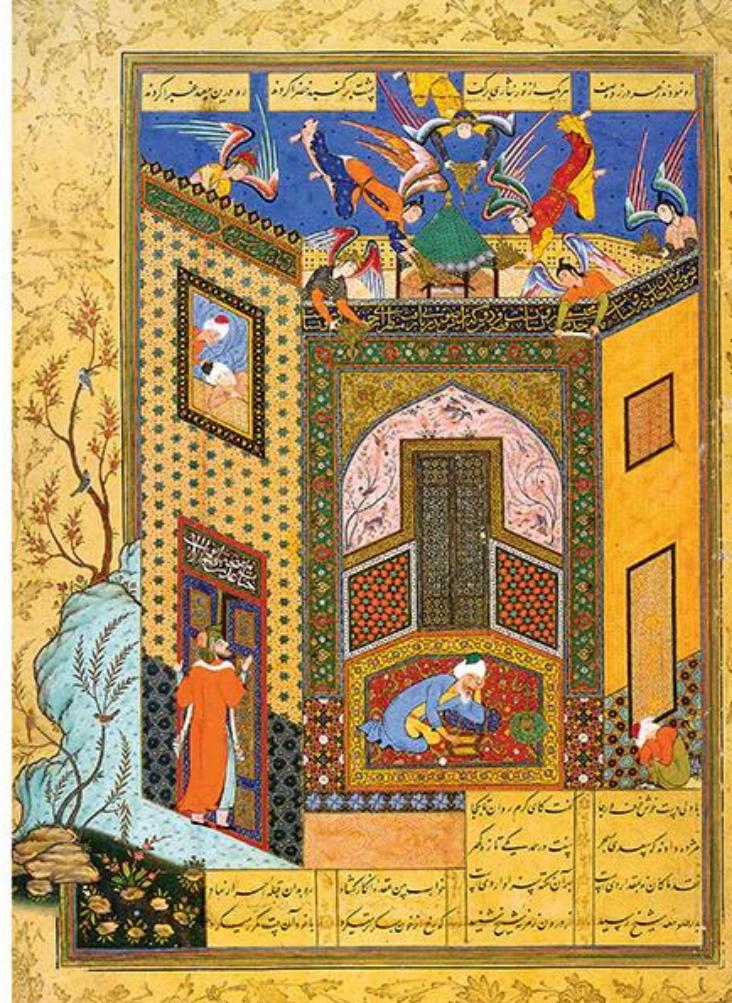
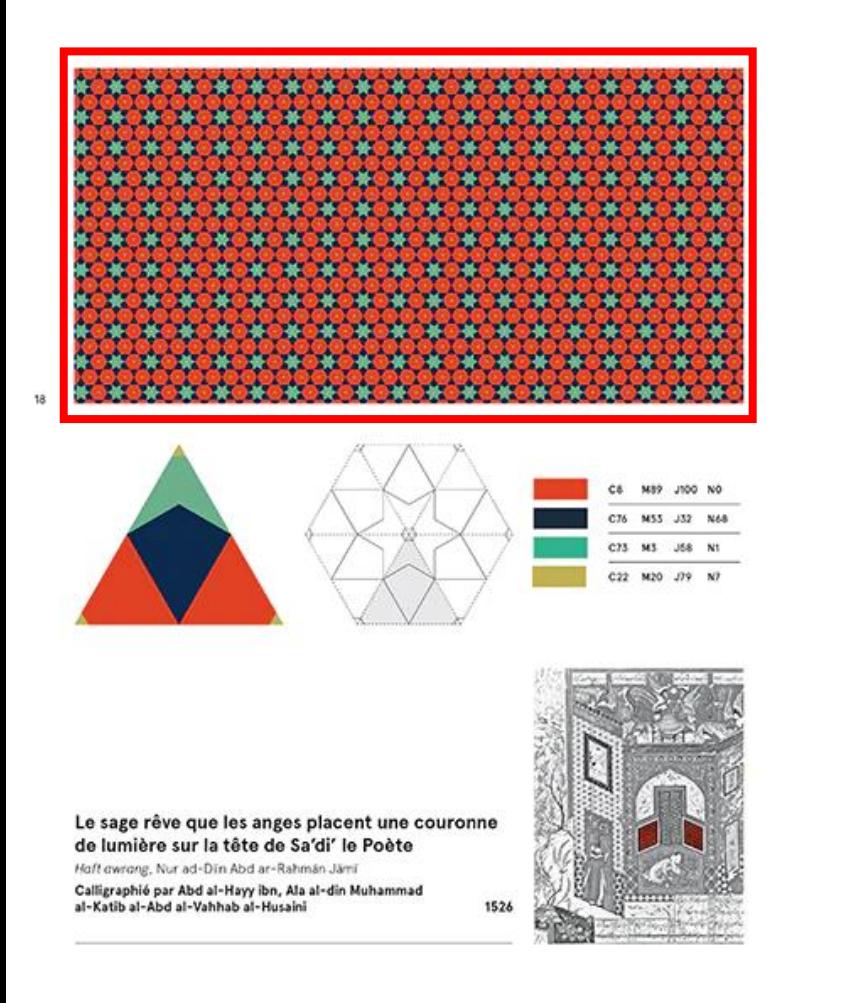
- a series of shapes, colors, lines, etc. in a repeated sequence
Cambridge Dictionary. « Pattern définition du dictionnaire Anglais-Français – Cambridge Dictionary ». Consulté le 19 janvier 2021.
<https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais-francais/pattern>
- Pattern is an underlying structure that organizes surfaces or structures in a consistent, regular manner. Pattern can be described as a repeating unit *of shape or form, but it can also be thought of as the “skeleton” that* organizes the parts of a composition
Jirousek, Charlotte, et Cornell University. « Art, Design, and Visual Thinking ». Consulté le 4 novembre 2020. <https://char.txa.cornell.edu/>.

Patterns et matériaux auxétiques



Extrait de : Ghafarian, Leila, et Mohammad Reza Nikbakht. Couleurs et motifs dans les miniatures persanes. Pyramid, 2019.

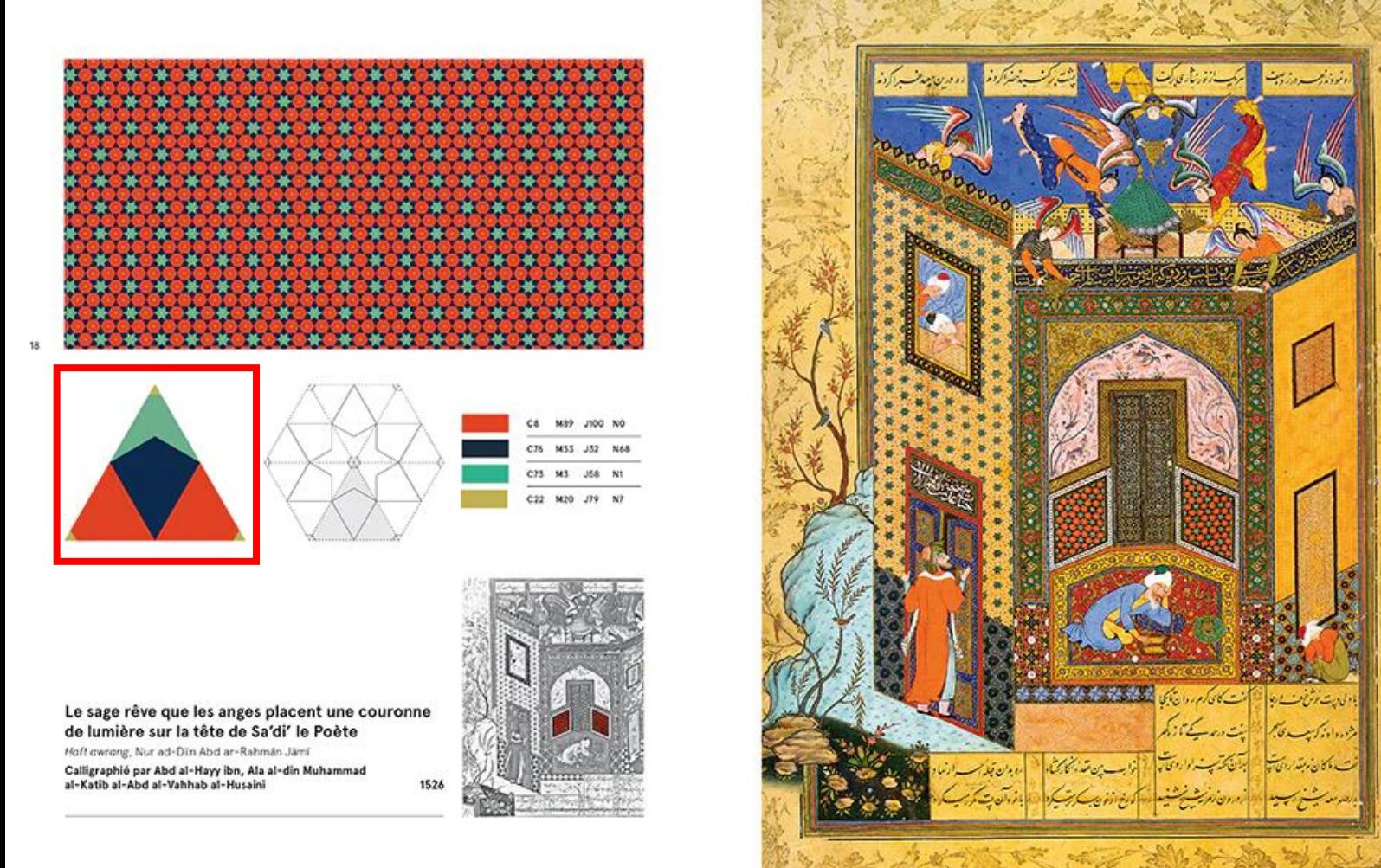
Patterns et matériaux auxétiques



Extrait de : Ghafarian, Leila, et Mohammad Reza Nikbakht. Couleurs et motifs dans les miniatures persanes. Pyramid, 2019.

Structure
composition globale du pattern

Patterns et matériaux auxétiques

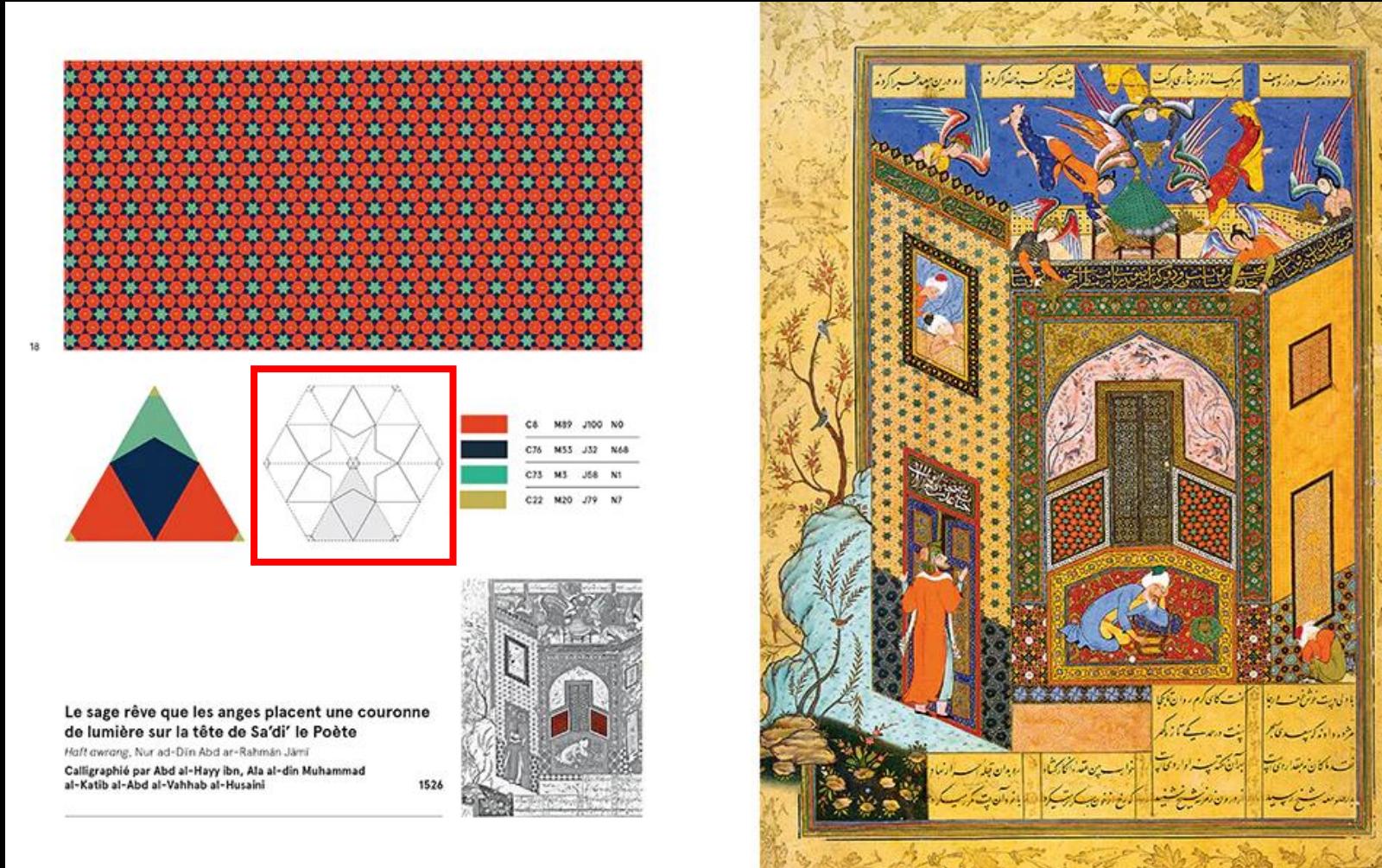


Extrait de : Ghafarian, Leila, et Mohammad Reza Nikbakht. Couleurs et motifs dans les miniatures persanes. Pyramid, 2019.

Structure
composition globale du pattern

Modèle
unité qui se répète

Patterns et matériaux auxétiques



Extrait de : Ghafarian, Leila, et Mohammad Reza Nikbakht. Couleurs et motifs dans les miniatures persanes. Pyramid, 2019.

Structure
composition globale du pattern

Modèle
unité qui se répète

Régularité de ses duplcats
relève de l'organisation normée

Patterns et matériaux auxétiques

Ratio de poisson

Plus on étire un matériau conventionnel :

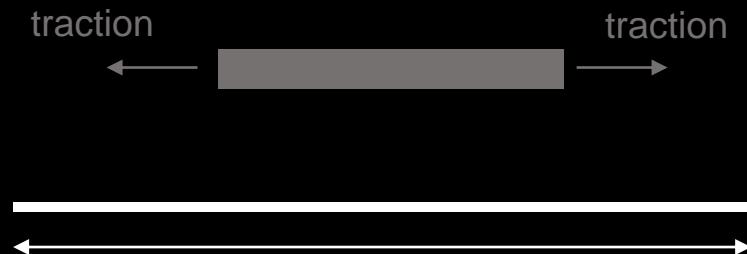


Patterns et matériaux auxétiques

Ratio de poisson

Plus on étire un matériau conventionnel :

- plus sa longueur augmente
- et plus son épaisseur diminue
- Le coefficient de proportionnalité = « ratio de poisson » ou « coefficient de poisson »



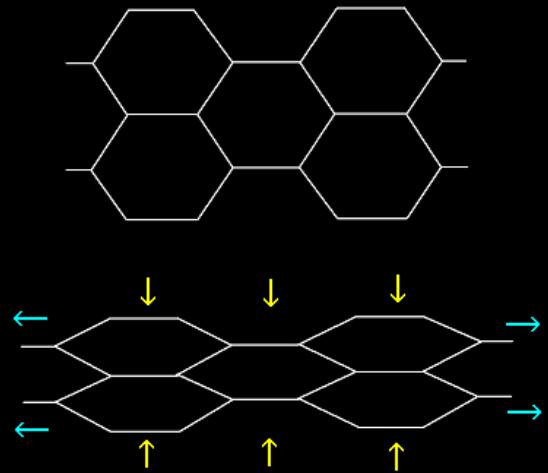
Patterns et matériaux auxétiques

Matériaux auxétiques

- Ratio de poisson < 0
- Les matériaux auxétiques, lorsqu'ils sont étirés, se dilatent latéralement contrairement aux matériaux « conventionnels » qui, eux, se rétractent lorsqu'ils sont étirés.

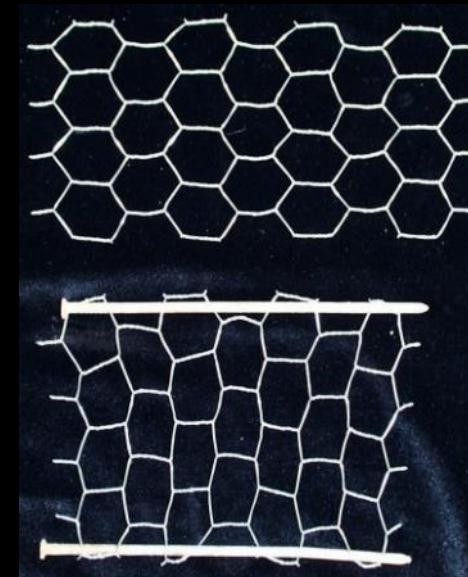
Patterns et matériaux auxétiques

Coefficient de poisson > 0



Matériau conventionnel

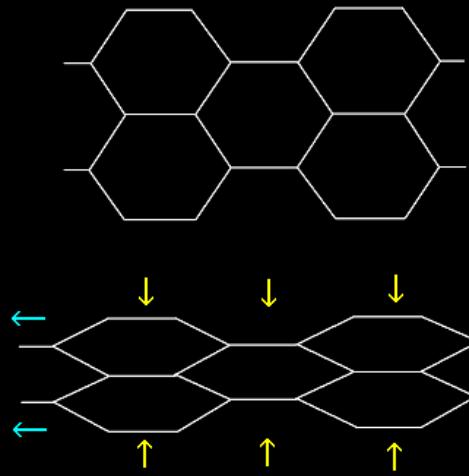
Coefficient de poisson > 0



Campbell, D. J.;Querns, M. K. "Using Paper Cutouts to Illustrate Poisson's Ratio." *J. Chem. Educ.*, **2002**, 79, 76.

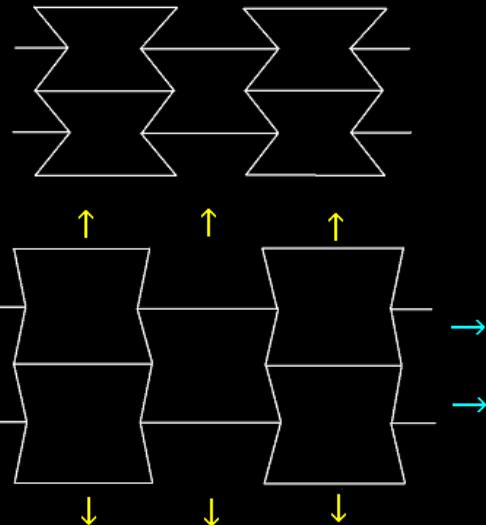
Patterns et matériaux auxétiques

Coefficient de poisson > 0



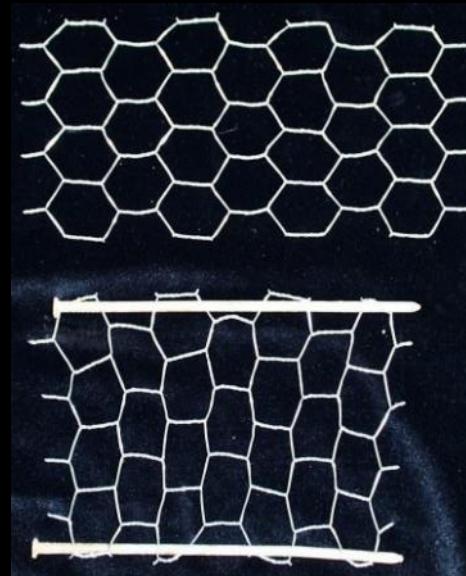
Matériau conventionnel

Coefficient de poisson < 0

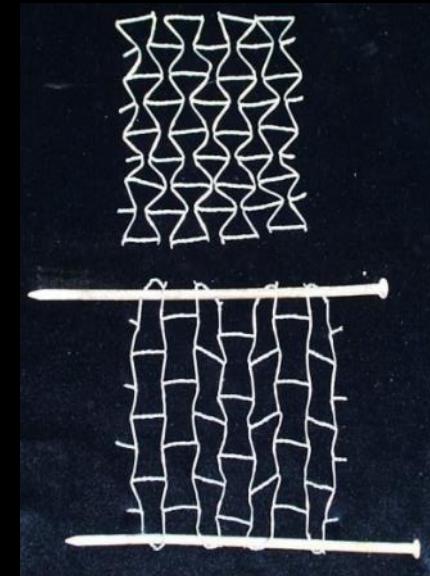


Matériau auxétique

Coefficient de poisson > 0



Coefficient de poisson < 0



Campbell, D. J.; Querns, M. K. "Using Paper Cutouts to Illustrate Poisson's Ratio." *J. Chem. Educ.*, 2002, 79, 76.

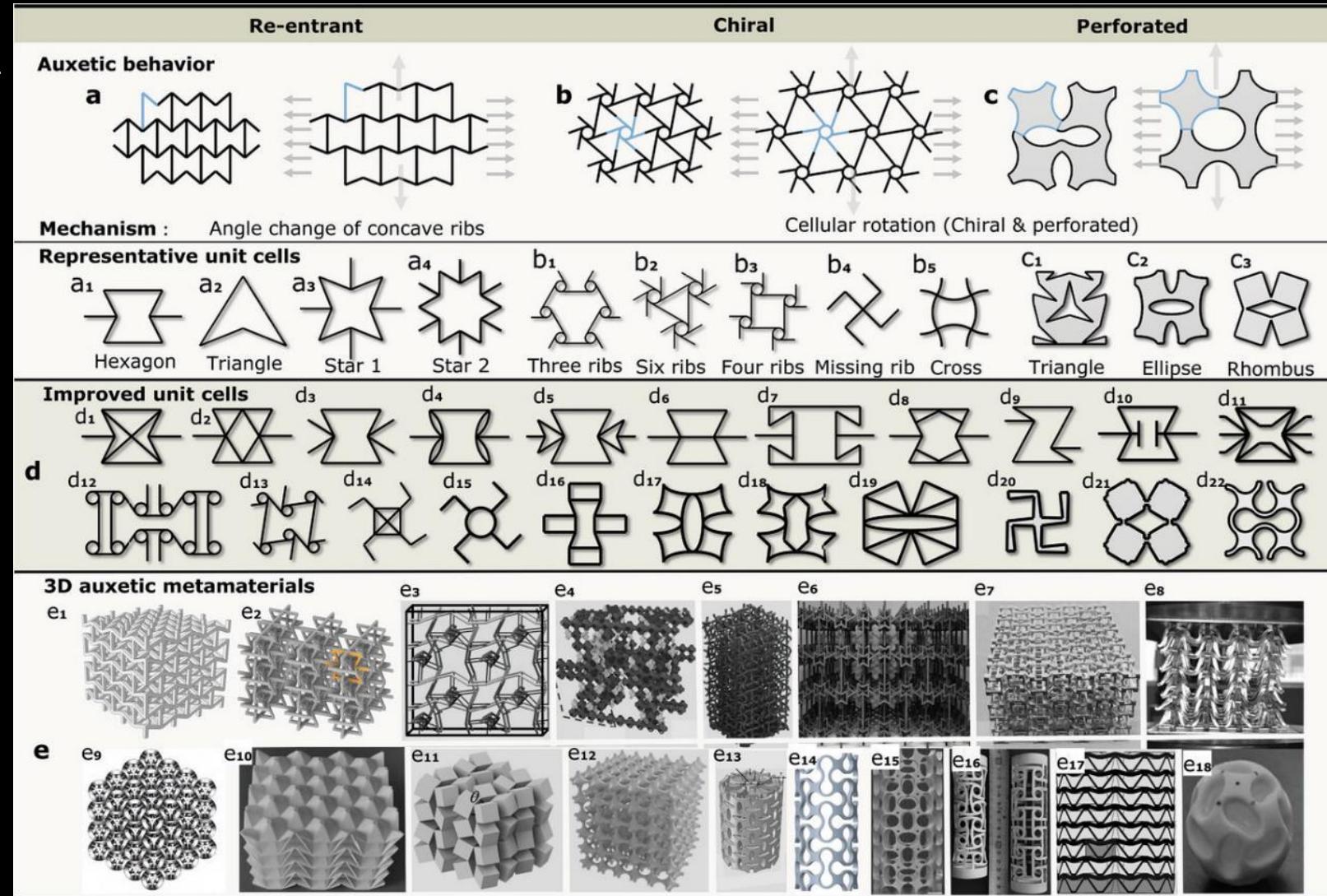
Patterns et matériaux auxétiques

Matériaux auxétiques

- Ratio de poisson < 0
L'expansion ou la contraction latérale d'un matériau peut être décrite par une relation mathématique appelée coefficient de Poisson.
- Les matériaux auxétiques, lorsqu'ils sont étirés, se dilatent latéralement contrairement aux matériaux « conventionnels » qui, eux, se rétractent lorsqu'ils sont étirés.
- Souvent, un matériau qui a un ratio de Poisson positif peut être modifié pour former une structure qui a un coefficient de Poisson négatif.

Patterns et matériaux auxétiques

Y. Zhang, W. Z. Jiang, W. Jiang,
X. Y. Zhang, J. Dong, Y. M. Xie, K.
E. Evans, X. Ren, Recent
Advances of Auxetic
Metamaterials in Smart Materials
and Structural Systems. *Adv.*
Funct. Mater. 2025, 35, 2421746.
<https://doi.org/10.1002/adfm.202421746>



Patterns et matériaux auxétiques



Sound insulative origami knitted length.
Photographer: Daniela Ferro,
Another knitted thing



Sound Insulation 3D origami knitted length.
Photographer: Daniela Ferro,
Another knitted thing



The Flippables. 3D Origami knitted vase,
Another knitted thing

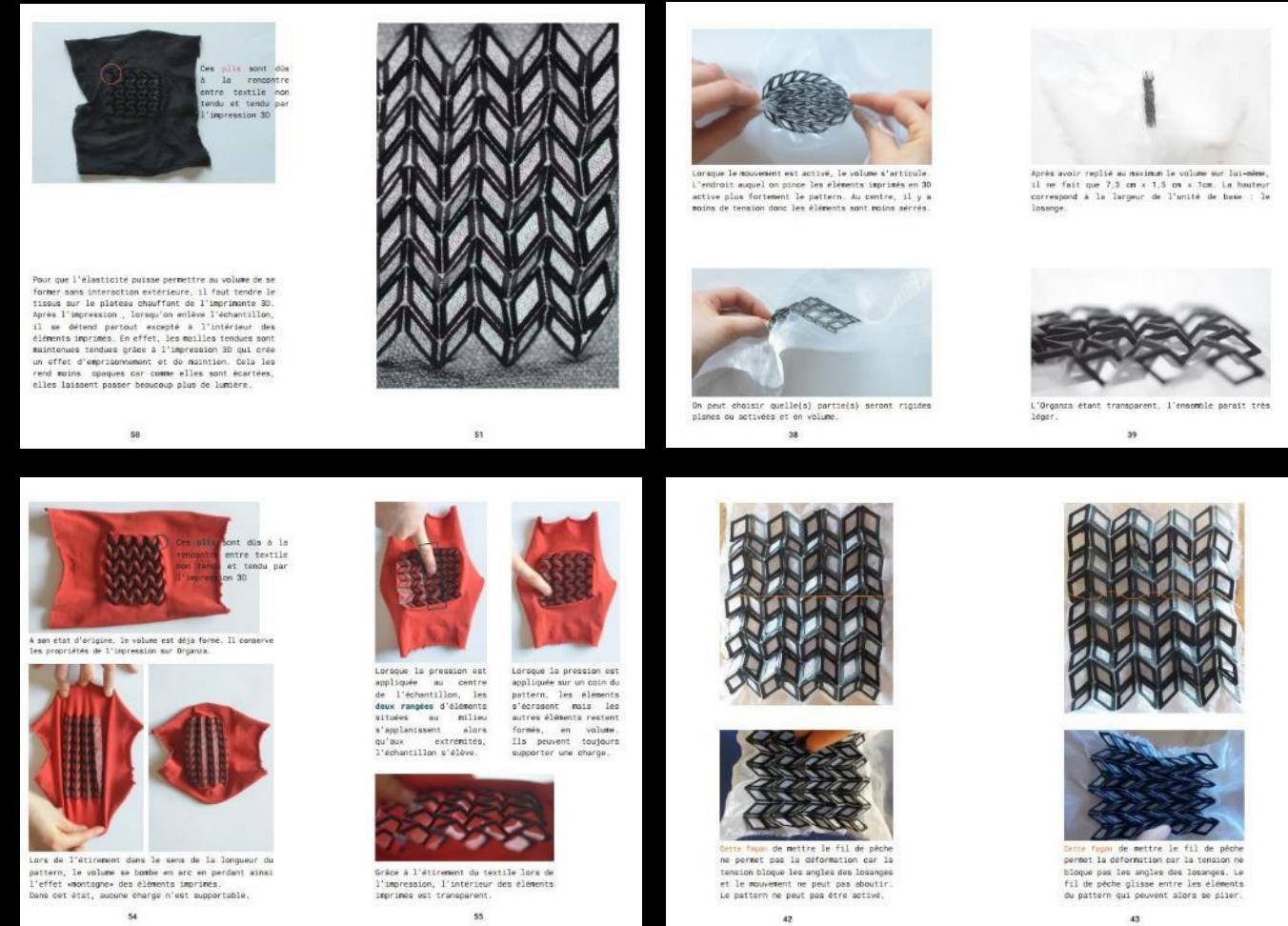
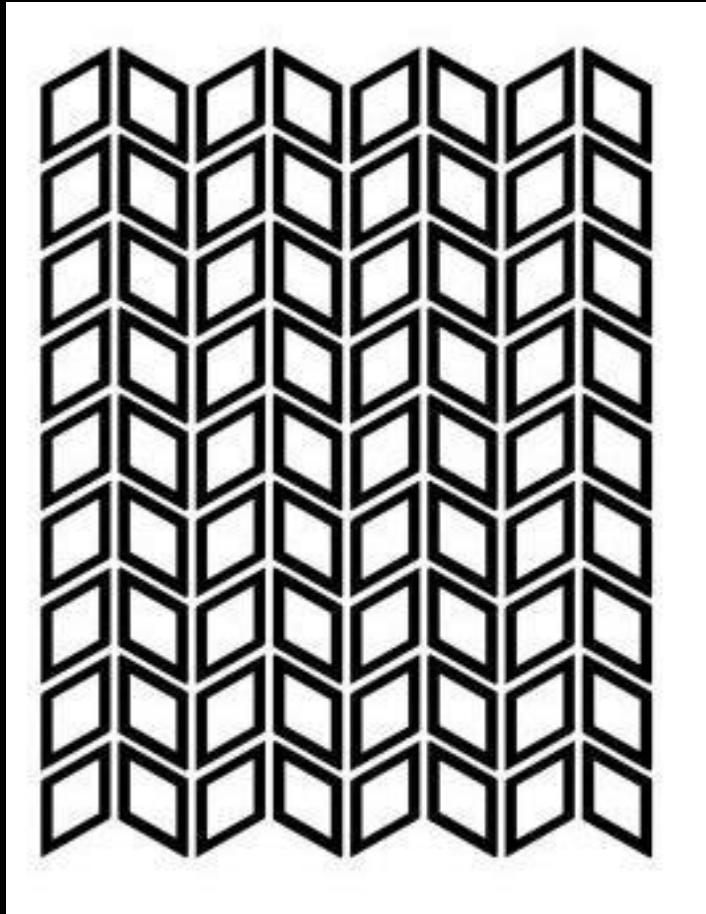
Patterns et matériaux auxétiques



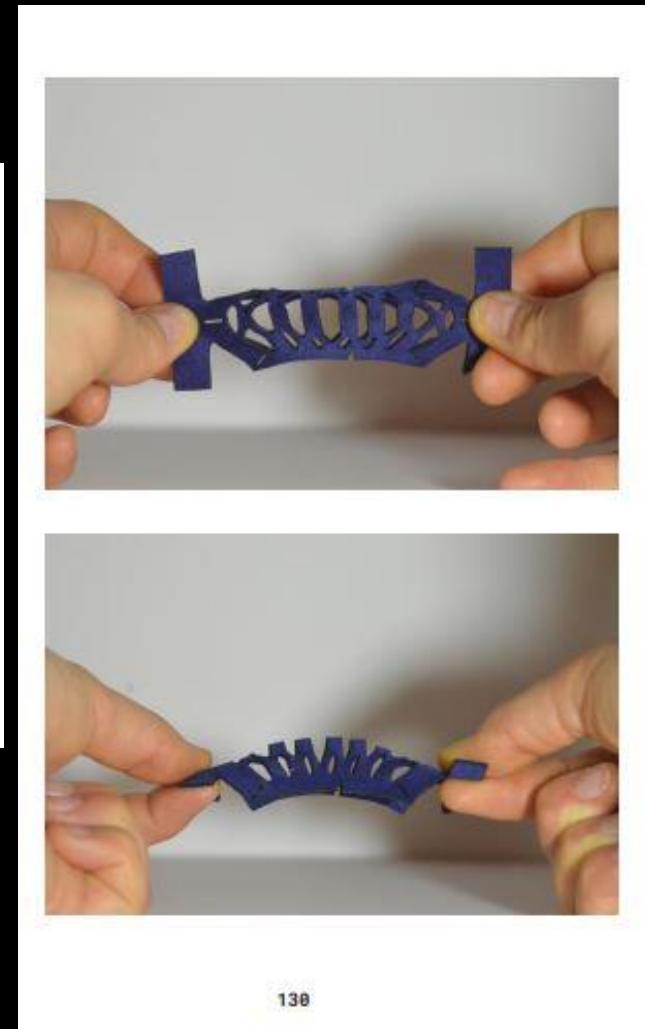
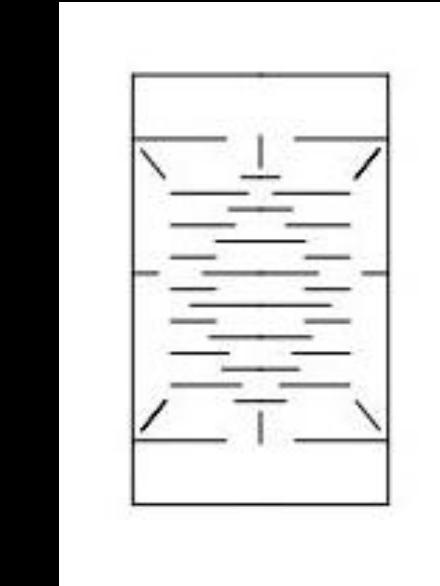
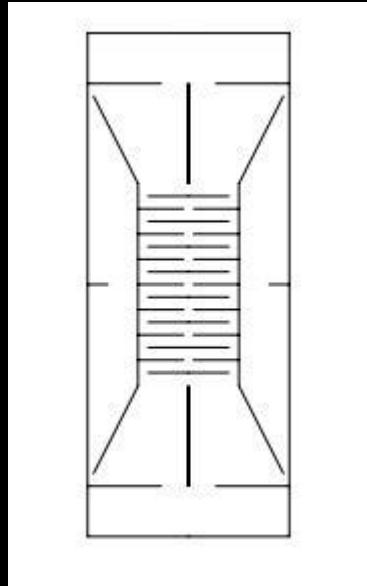
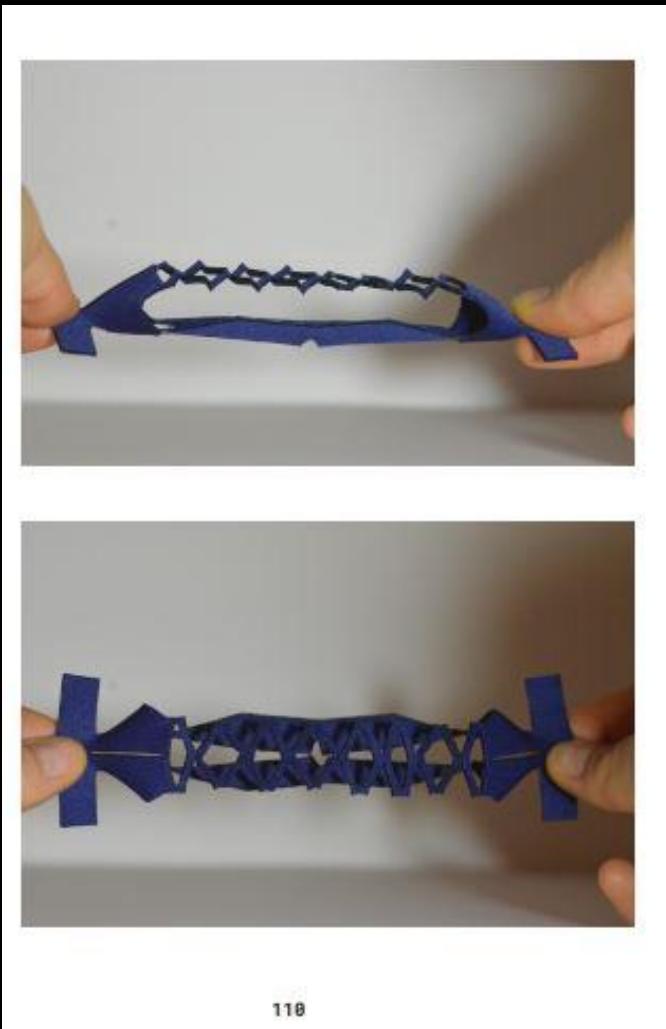
Déploiement Textile, 2021, Maude Guirault sous la direction d'Amaël Bougard, Mémoire de master ESAD TALM Le Mans

Patterns et matériaux auxétiques

Miura-Ori origami pattern



Patterns et matériaux auxétiques



Déploiement Textile, 2021, Maude Guirault sous la direction d'Amaël Bougard, Mémoire de master ESAD TALM Le Mans

Patterns et matériaux auxétiques

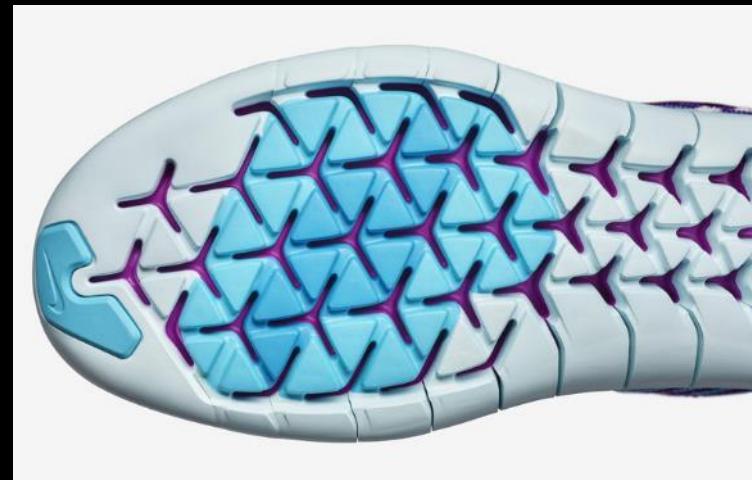
Matériaux auxétiques

- Ratio de poisson < 0
L'expansion ou la contraction latérale d'un matériau peut être décrite par une relation mathématique appelée coefficient de Poisson.
- Les matériaux auxétiques, lorsqu'ils sont étirés, se dilatent latéralement contrairement aux matériaux « conventionnels » qui, eux, se rétractent lorsqu'ils sont étirés.
- Souvent, un matériau qui a un ratio de Poisson positif peut être modifié pour former une structure qui a un coefficient de Poisson négatif.
- Intérêts mécaniques : absorber l'énergie, amortir les chocs, résister à la fracture



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

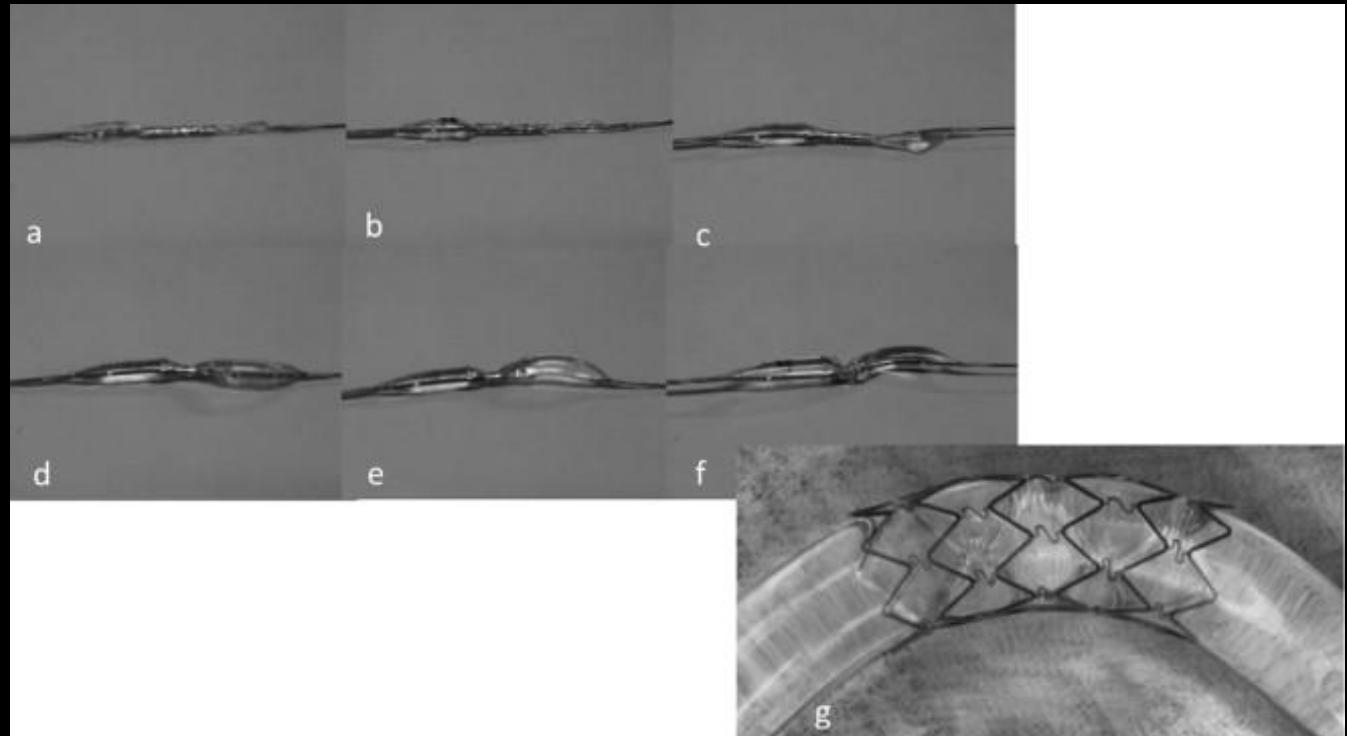
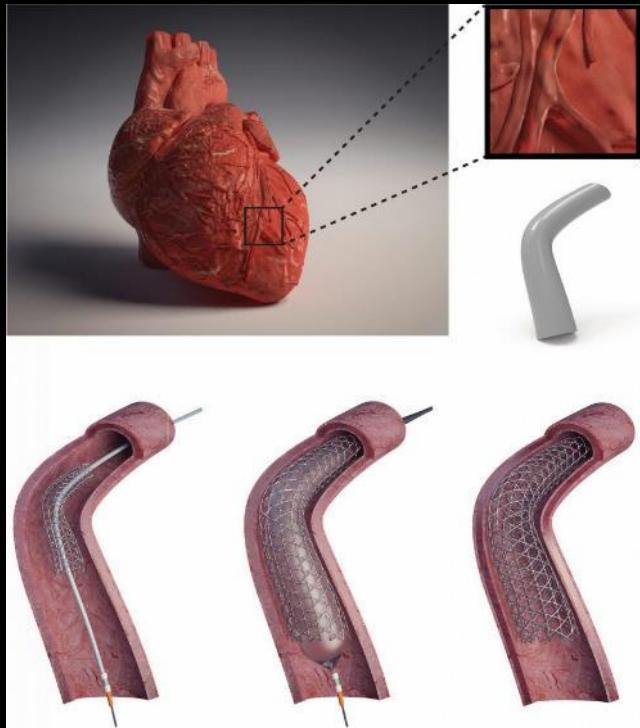
Patterns et matériaux auxétiques



Trek's Bicycle Helmet - TREK

Free RN Motion Flyknit 2017 - NIKE

Patterns et matériaux auxétiques



Stenting for curved lesions using a novel curved balloon: Preliminary experimental study, Hideshi Tomita, MD, FJCC, Takashi Higaki, MD, Toshiki Kobayashi, MD, Takanari Fujii, MD, Kazuto Fujimoto, MD, Journal of Cardiology, Volume 66 Issue 2 Pages 120-124 (August 2015), DOI:10.1016/j.jcc.2014.10.009
Copyright © 2014 Japanese College of Cardiology [Terms and Conditions](#)

Patterns et matériaux auxétiques



Loom, Maria Alejandra Mora-Sanchez, 2017

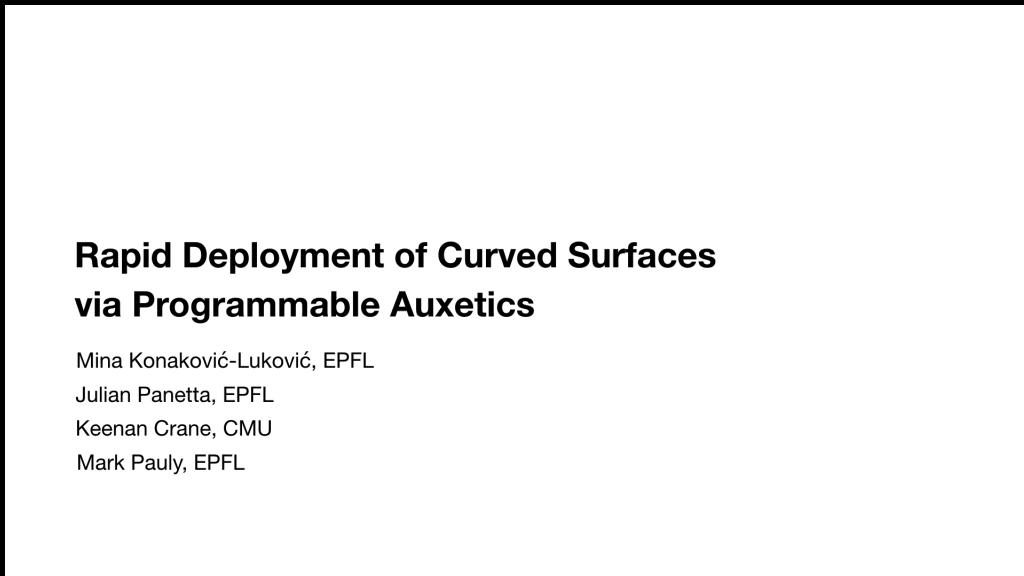


ANF MECA 2030 - Maude Guirault - 09/2025



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

Patterns et matériaux auxétiques



Mina Konaković-Luković, Julian Panetta, Keenan Crane, and Mark Pauly. 2018. Rapid deployment of curved surfaces via programmable auxetics. ACM Trans. Graph. 37, 4, Article 106 (August 2018), 13 pages.
<https://doi.org/10.1145/3197517.3201373>

Lukovic, M.. “Computational Design of Auxetic Shells.” (2019).

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique

Grasshopper, un outil de design paramétrique

Algorithmic modeling for Rhino

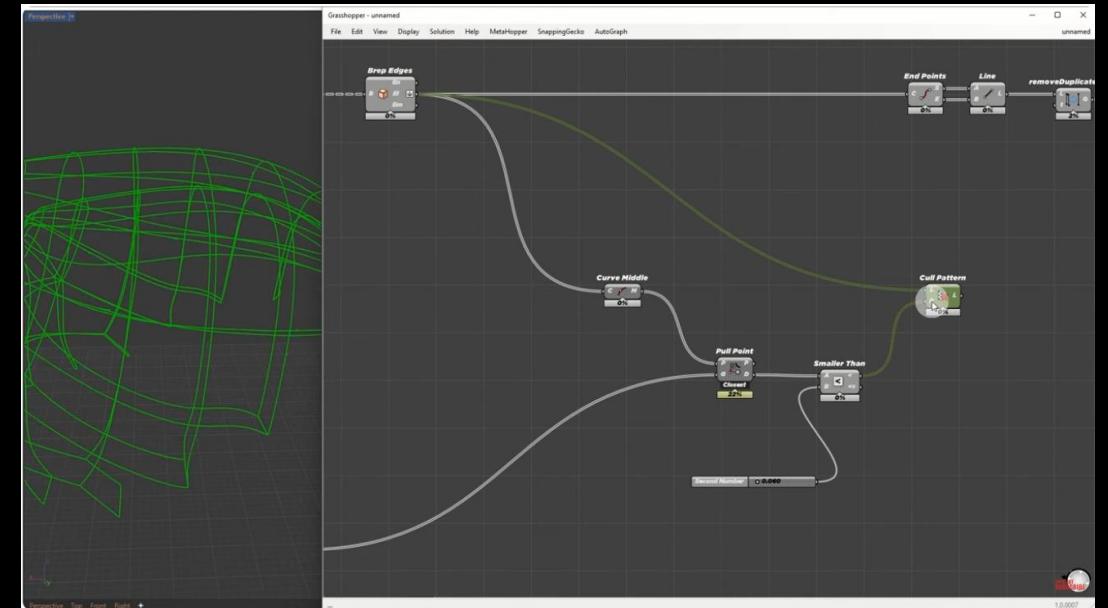
- Rhinocéros 3D : logiciel de “design” qui permet la conception de formes libres, l’analyse et l’animation des formes 3D. Pas de “relations” pour dessiner des pièces (Solidworks, Fusion,...)
- Domaines : design objet, automobile, naval, medical, architecture, mode, luxe, accessoire, ...



Grasshopper, un outil de design paramétrique

Algorithmic modeling for Rhino

- Rhinocéros 3D : logiciel de “design” qui permet la conception de formes libres, l’analyse et l’animation des formes 3D. Pas de “relations” pour dessiner des pièces (Solidworks, Fusion,...)
- Domaines : design objet, automobile, naval, medical, architecture, mode, luxe, accessoire, ...
- Grasshopper : un Add-on de Rhinocéros 3D qui ajoute la partie paramétrique au logiciel.
- Une interface accessible : programmation nodale qui permet d’aborder le .py d’une manière plus visuelle.
- Adapter les formes en temps réel
- Créer un seul script pour générer toutes les possibilités



How to apply Voronoi lattice structure on any geometry in Grasshopper,
3D Beast
<https://www.youtube.com/watch?v=226ESXK5tHg>

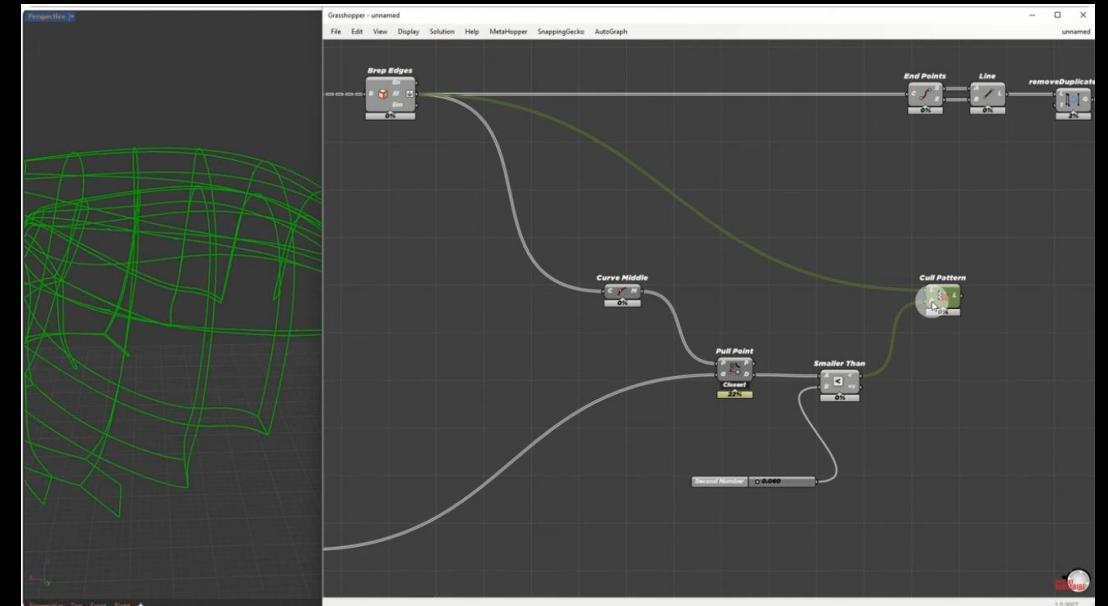


ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

Grasshopper, un outil de design paramétrique

Algorithmic modeling for Rhino

- Rhinocéros 3D : logiciel de “design” qui permet la conception de formes libres, l’analyse et l’animation des formes 3D. Pas de “relations” pour dessiner des pièces (Solidworks, Fusion,...)
- Domaines : design objet, automobile, naval, medical, architecture, mode, luxe, accessoire, ...
- Grasshopper : un Add-on de Rhinocéros 3D qui ajoute la partie paramétrique au logiciel.
- Une interface accessible : programmation nodale qui permet d’aborder le .py d’une manière plus visuelle.
- Adapter les formes en temps réel
- Créer un seul script pour générer toutes les possibilités
- Très adapté pour générer des patterns, les analyser et trier des données

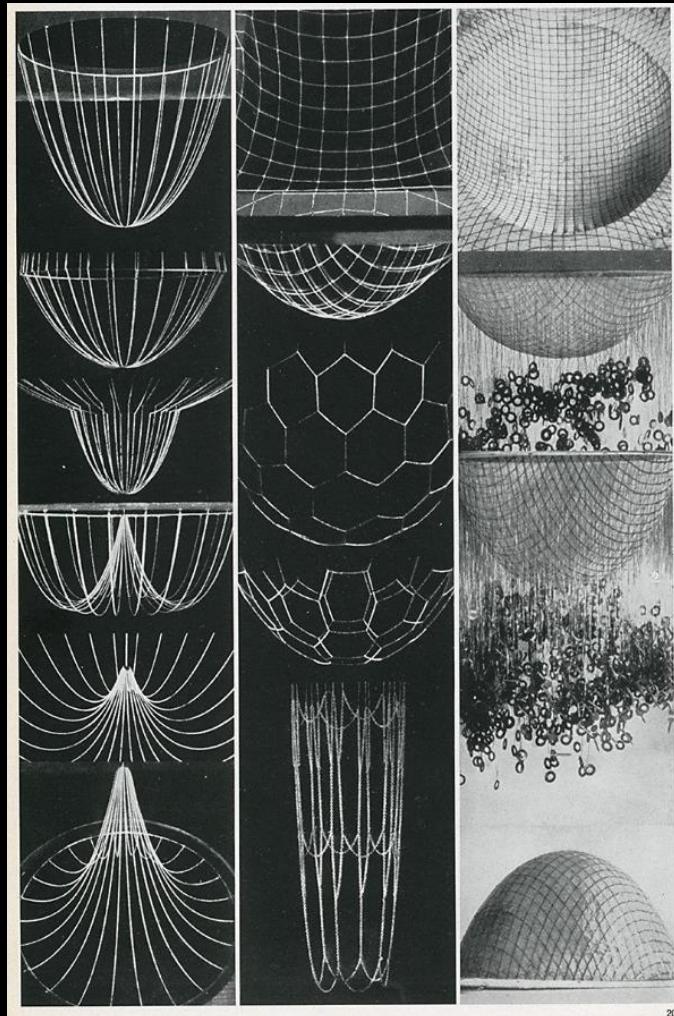


How to apply Voronoi lattice structure on any geometry in Grasshopper,
3D Beast
<https://www.youtube.com/watch?v=226ESXK5tHg>

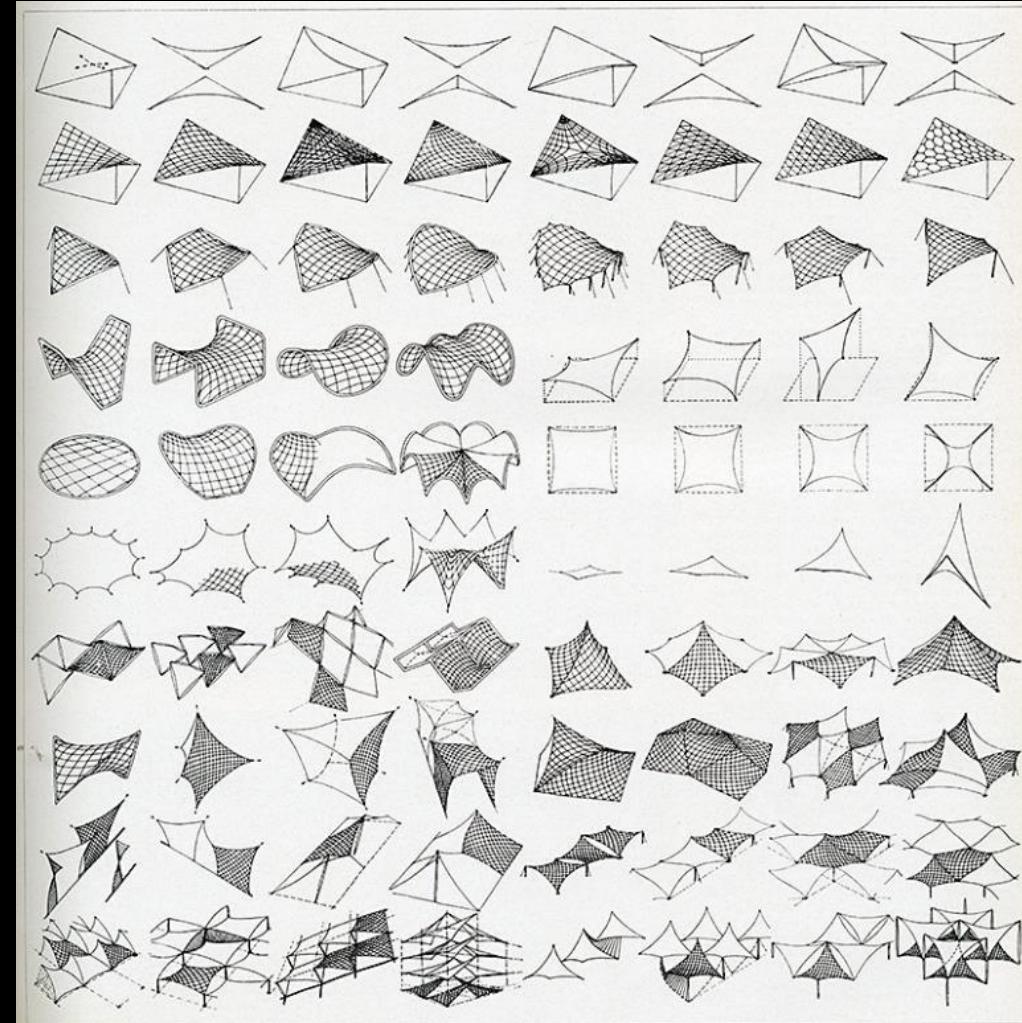


ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

Grasshopper, un outil de design paramétrique et d'analyse structurelle



Frei Otto. Casabella 301 1966, 40

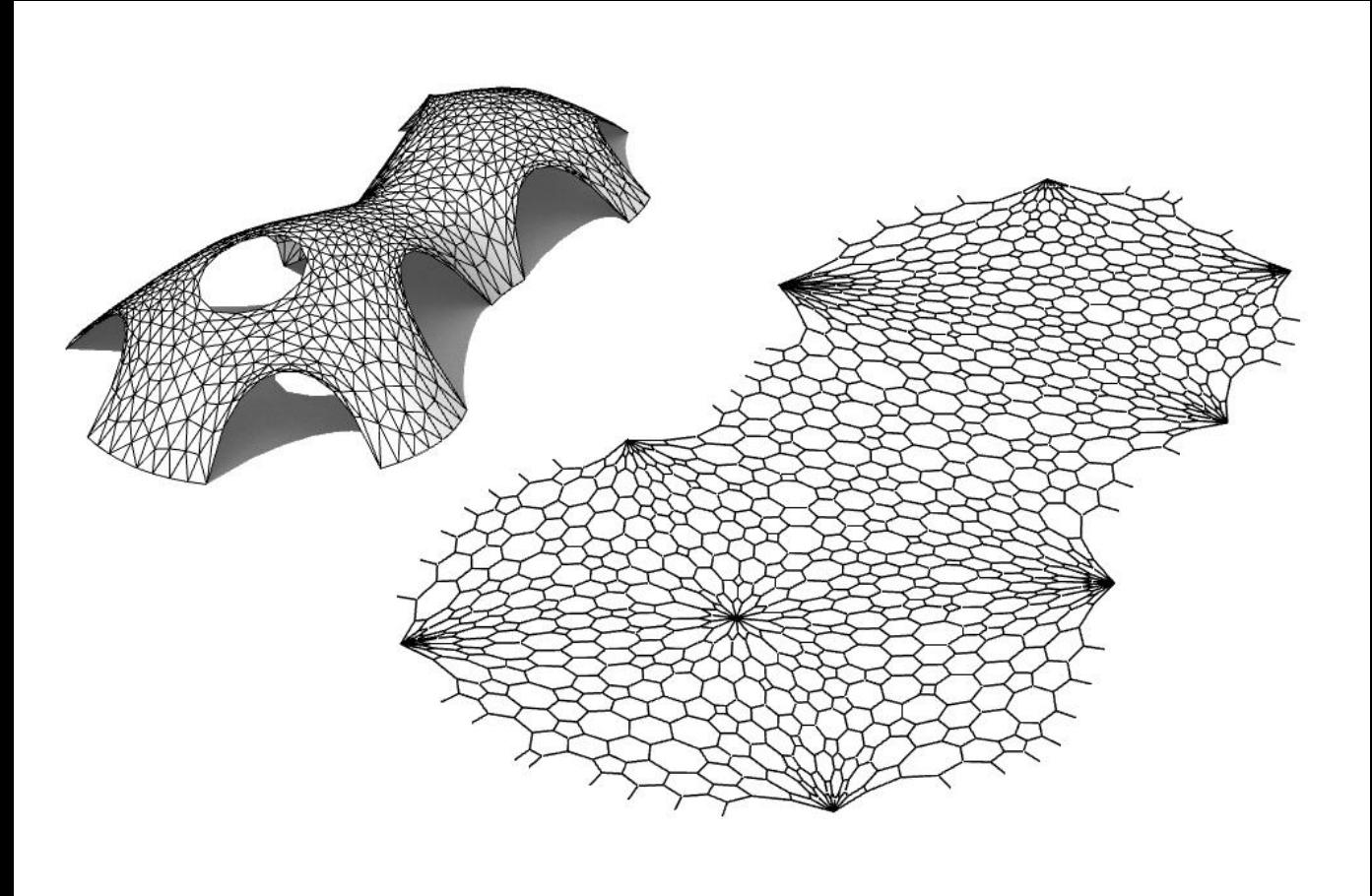
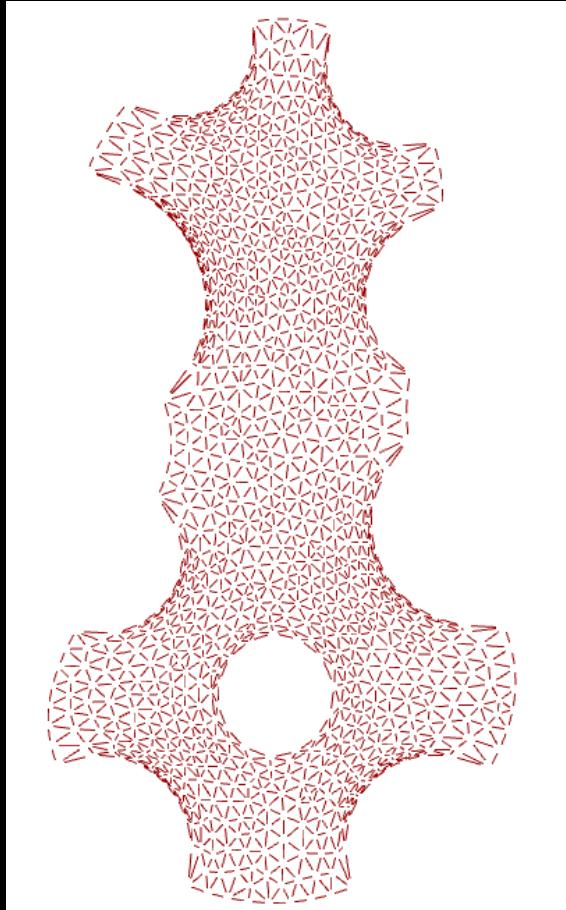


Frei Otto. Casabella 301 1966, 35



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

Grasshopper, un outil de design paramétrique et d'analyse structurelle

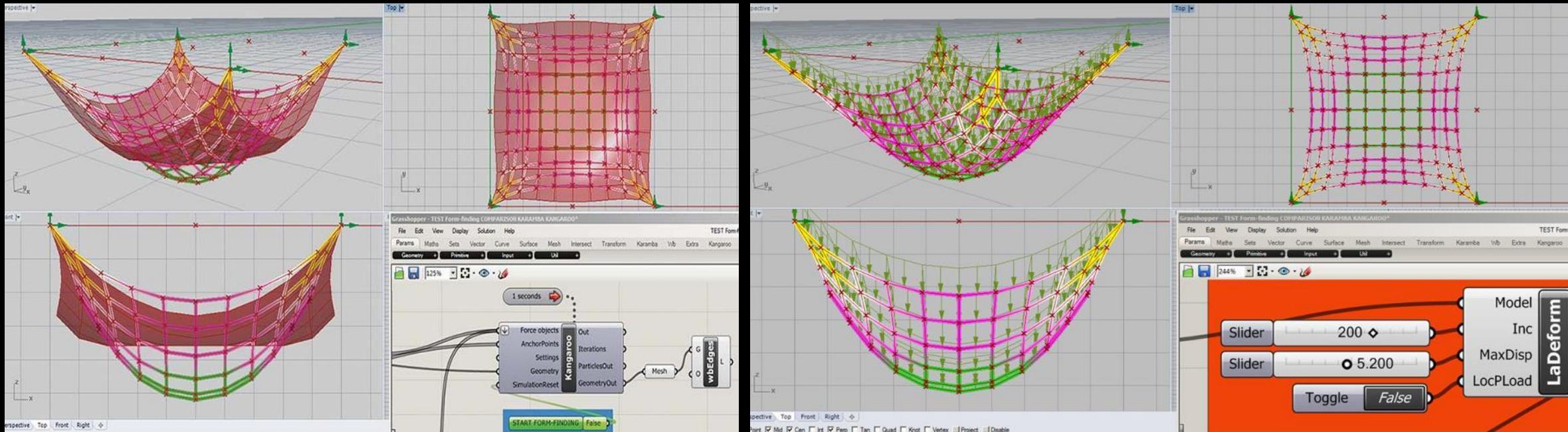


Piker, Daniel. (2013). Kangaroo: Form Finding with Computational Physics. *Architectural Design*. 83. 10.1002/ad.1569.



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

Grasshopper, un outil de design paramétrique et d'analyse structurelle

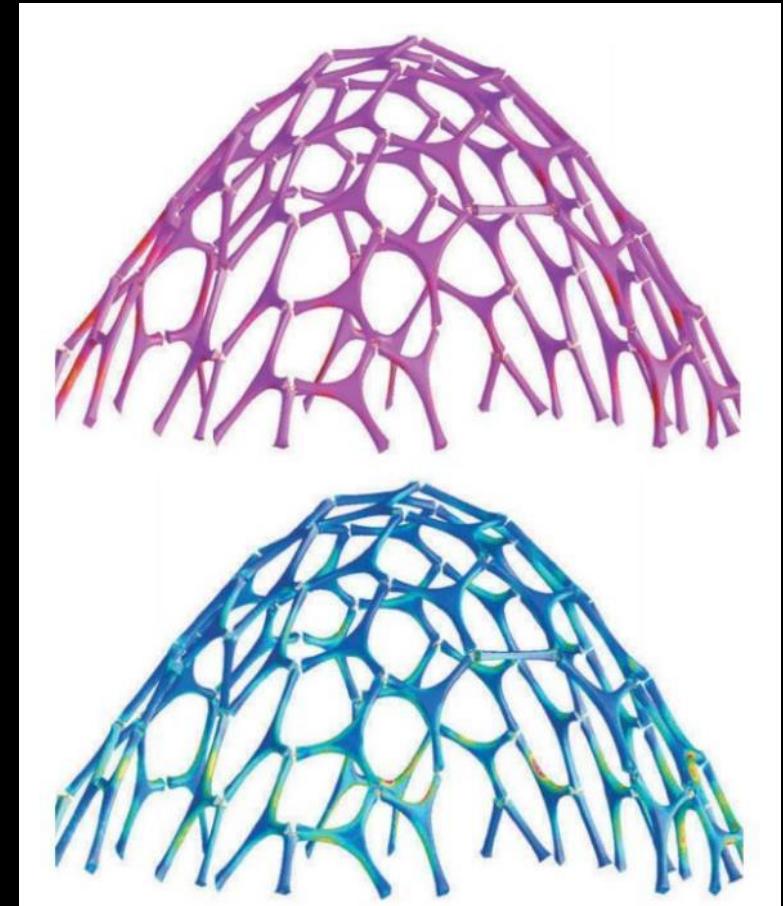
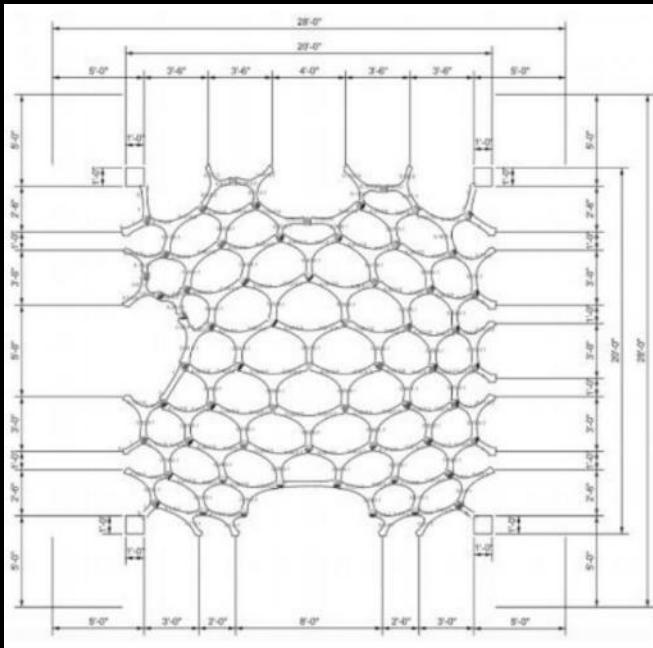


Form-Finding through numerical tools comparison between karamba and kangaroo, Alberto Pugnale, 2013
Liuti, Alessandro & Pugnale, Alberto & D'Amico, Bernardino. (2016). Building timber gridshells with air: Numerical simulations and technique challenges. 251-258. 10.1201/b20891-32.

Grasshopper, un outil de design paramétrique et d'analyse structurelle



MARS Pavilion, Kangaroo Model on Grasshopper



MARS Pavilion, Kangaroo Model Analysis

MARS Pavilion, Form Found Design, 2018. Design team :Joseph Sarafian, Ron Culver, Steve Fuchs, Andrew Lindauer, David Spiva / **Engineering:** Walter P. Moore / **Partners:** ABB Robotics / **Client:** Amazon

Grasshopper, un outil de design paramétrique et d'analyse structurelle



MARS Pavilion, Form Found Design, 2018.
Design team :Joseph Sarafian, Ron Culver,
Steve Fuchs, Andrew Lindauer, David Spiva /
Engineering: Walter P. Moore / **Partners:** ABB
Robotics / **Client:** Amazon

Grasshopper, un outil de design paramétrique



Heydar Aliyev Center in Baku, Azerbaijan, Zaha Hadid Architects, 2007

Grasshopper, un outil de design paramétrique



Berko Masterplan, Belgrade, Zaha Hadid Architects, conception 2011



Station de métro King Abdullah Financial District, Riyad Zaha Hadid Architects, inauguration 2024



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

Grasshopper, un outil de design paramétrique



Bâtiment IST de l'Université polytechnique de Floride, Santiago Calatrava. Achevé en août 2014

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique
- 3 – Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

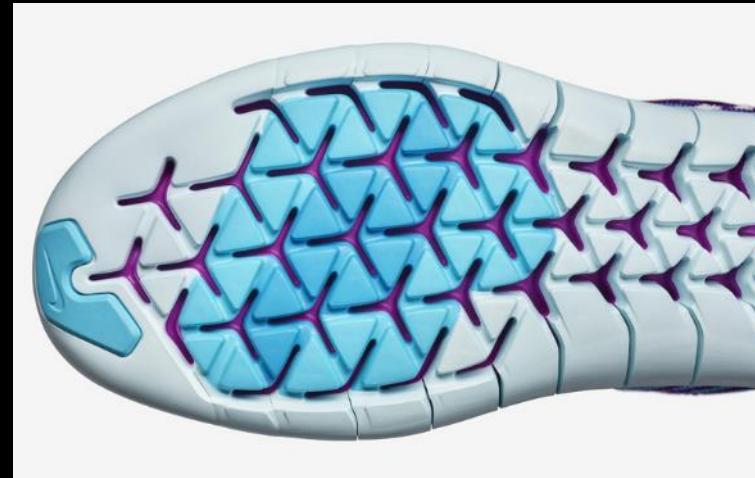
Programmer la matière :

matériaux auxétiques et conception paramétrique

Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique



Trek's Bicycle Helmet - TREK

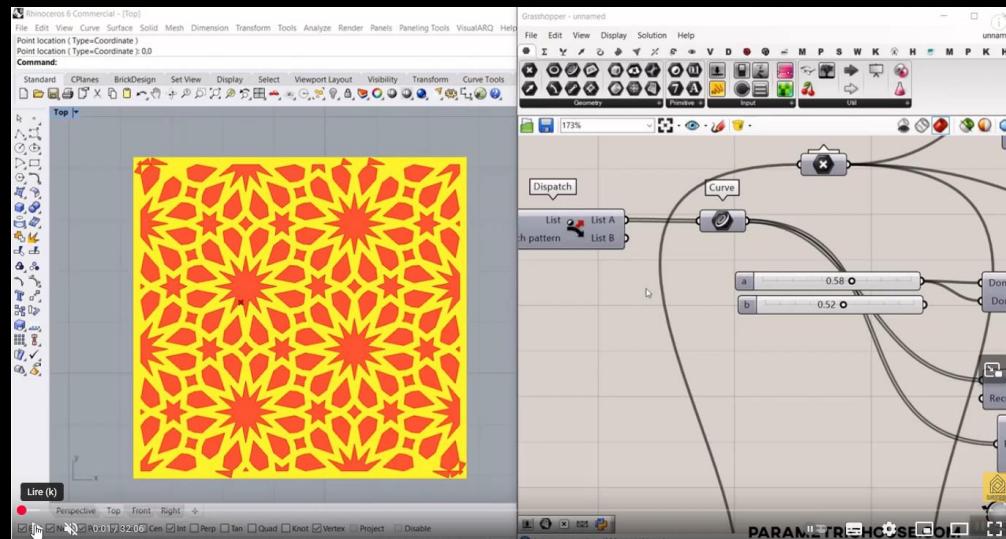


Free RN Motion Flyknit 2017 - NIKE

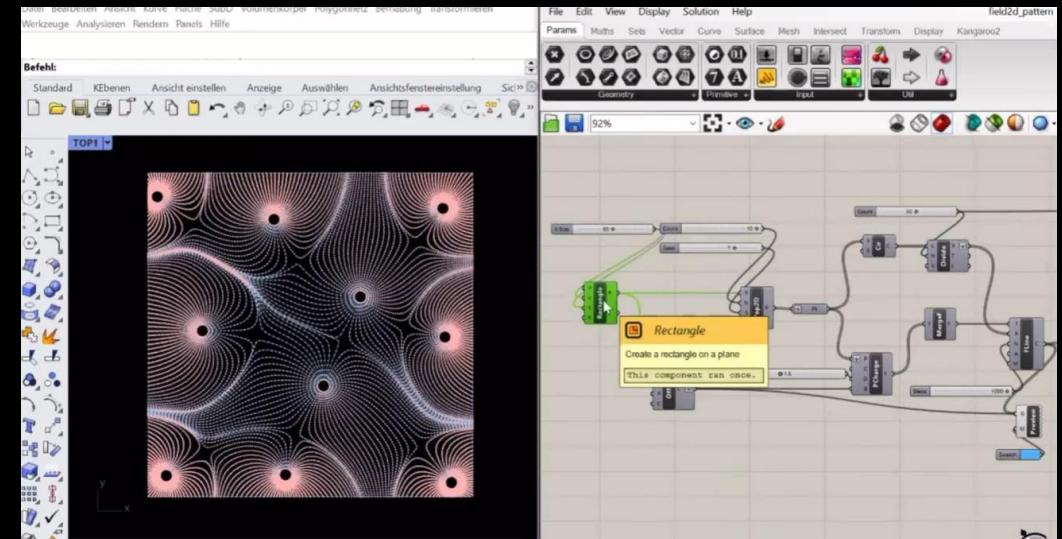


Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

Patterns et Grasshopper



Islamic Geometric Pattern - Rhino Grasshopper
<https://www.youtube.com/watch?v=VaZYDwW5WjY>



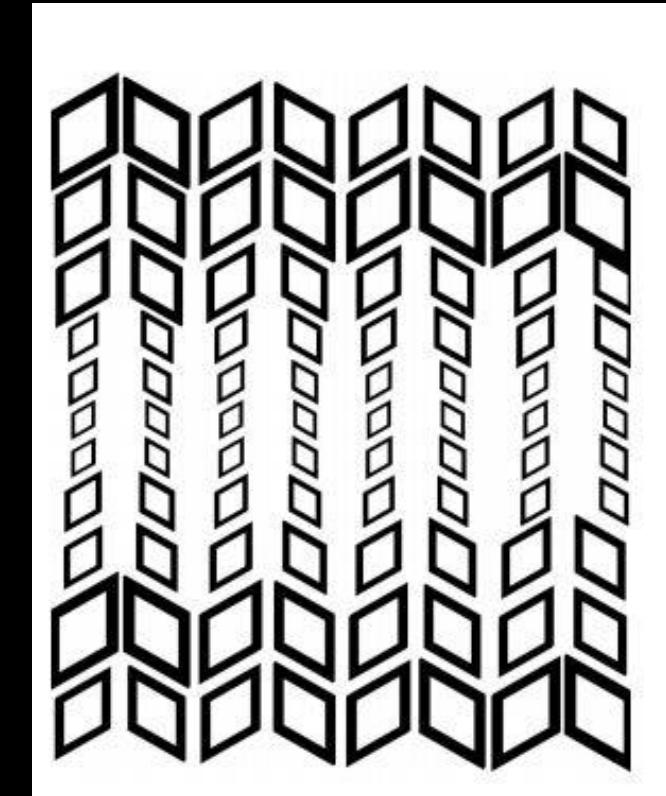
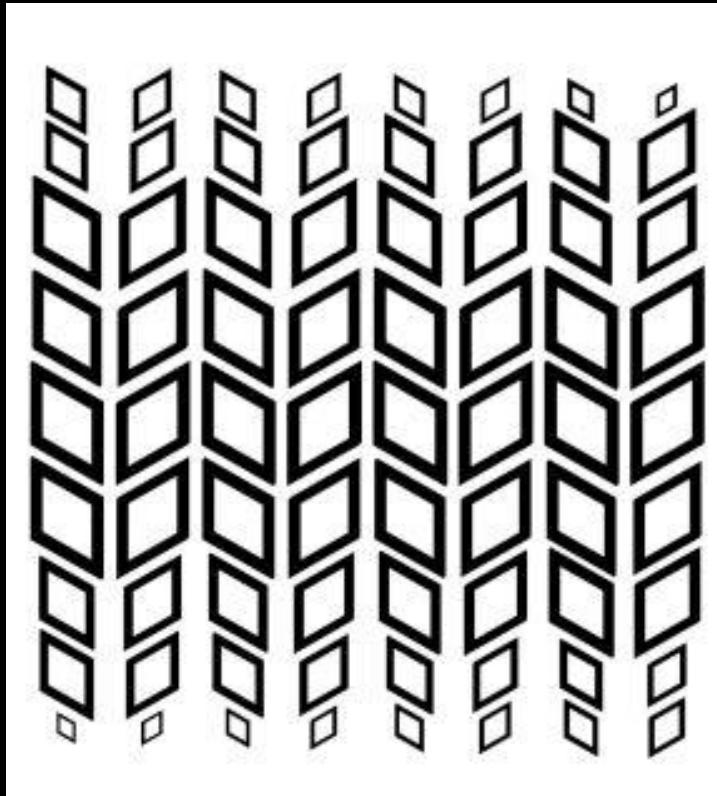
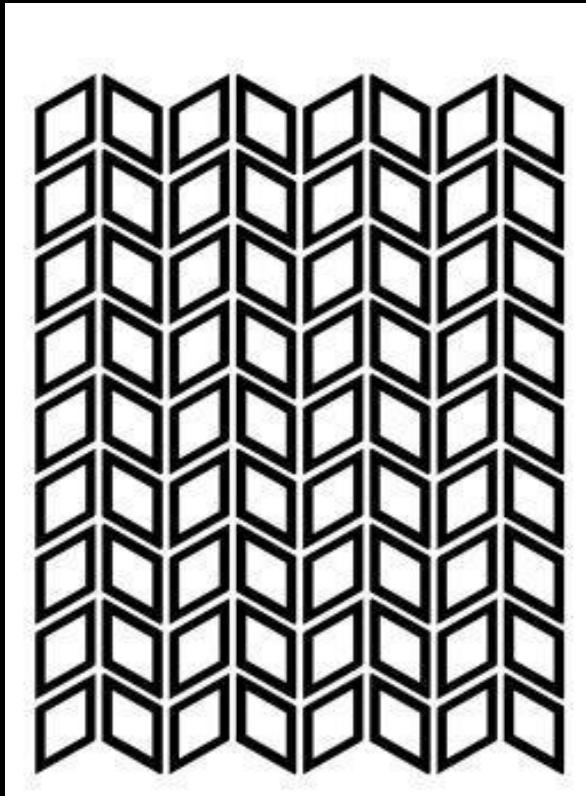
Field Line 2d Pattern - Rhino Grasshopper
<https://www.youtube.com/watch?v=LepWVIptZcM>



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS

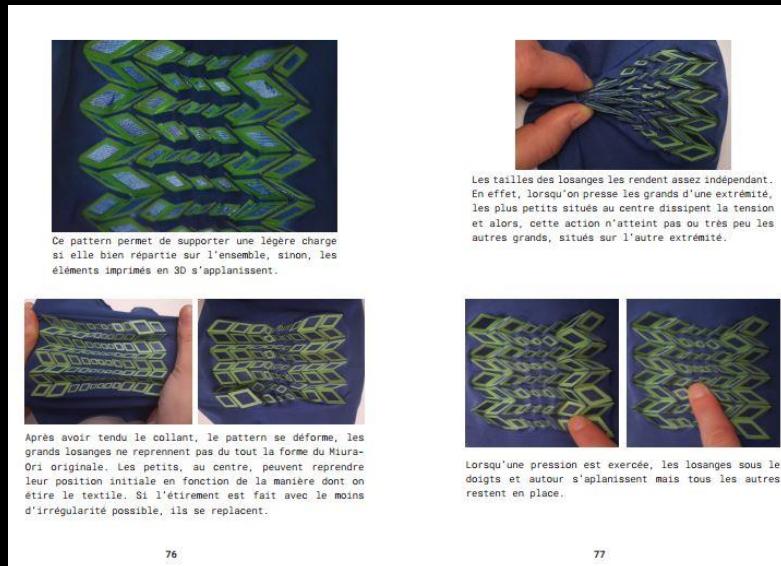
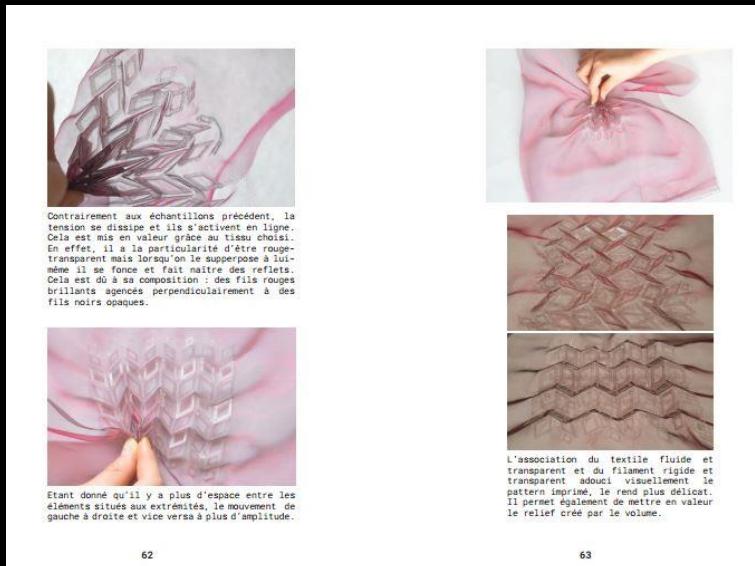
Programmer la matière :

matériaux auxétiques et conception paramétrique



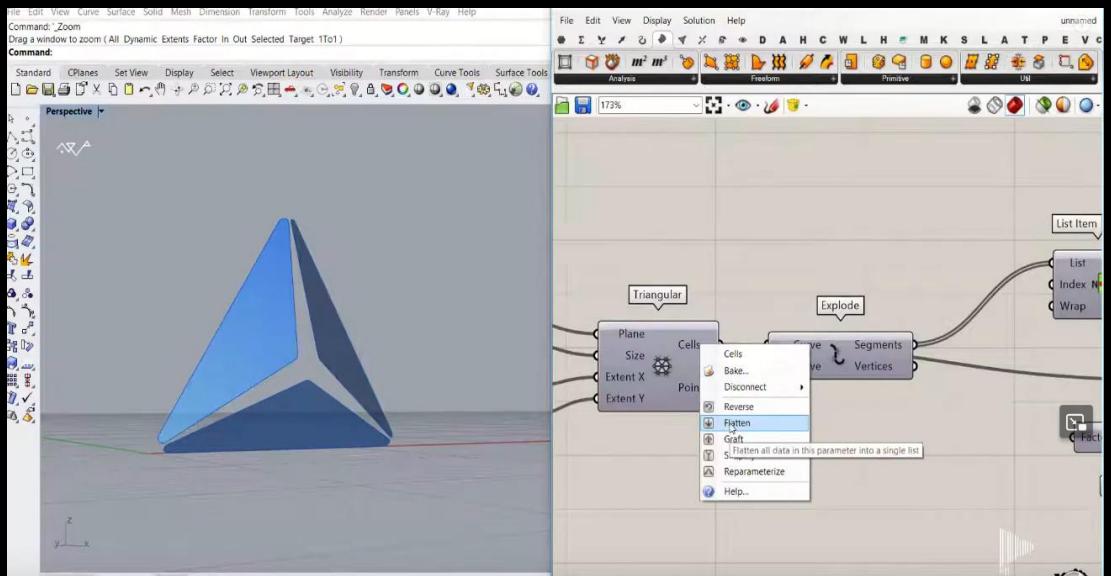
Déploiement Textile, Maude Guirault sous la direction d'Amaël Bougard, 2021

Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique



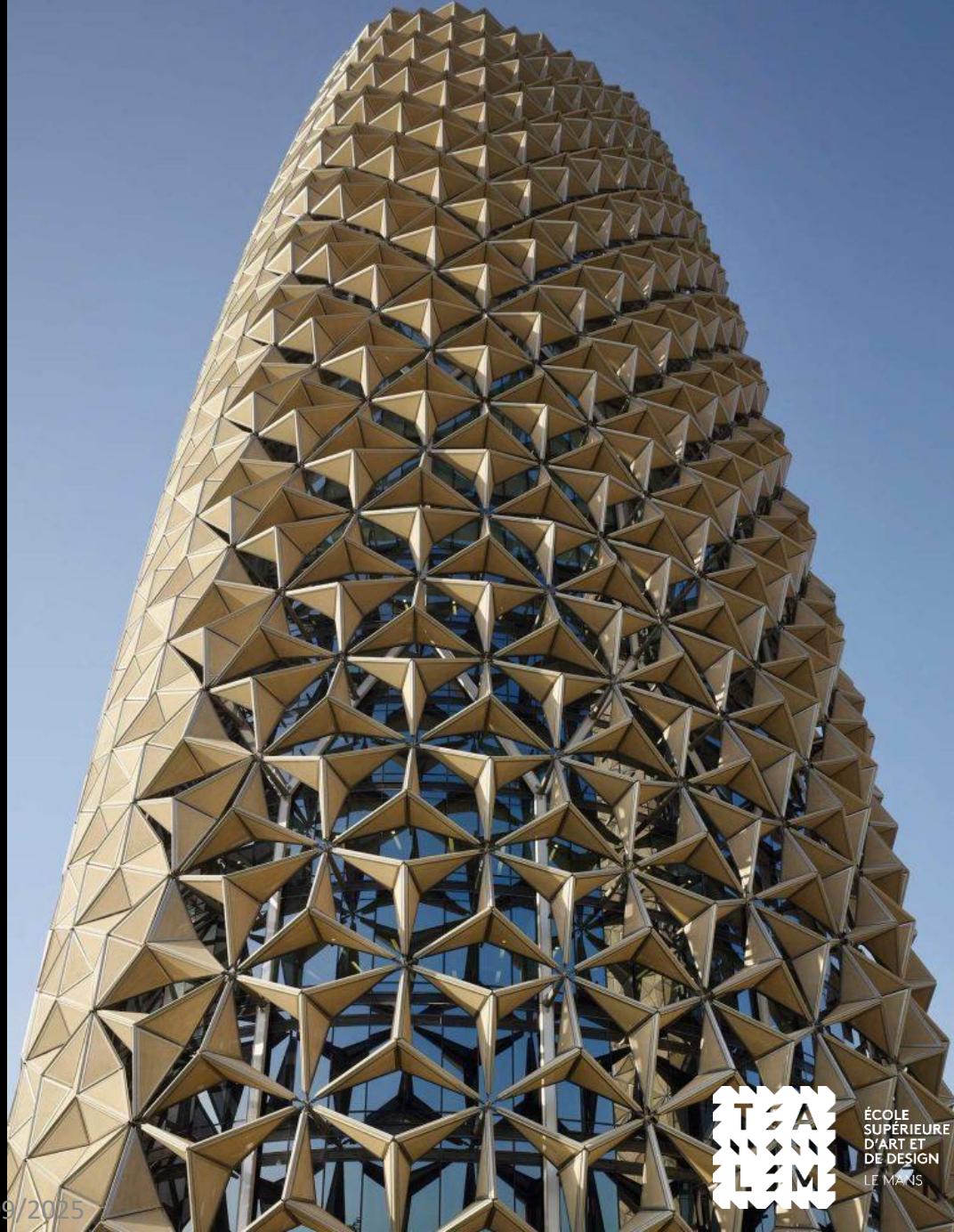
Déploiement Textile, Maude Guirault sous la direction d'Amaël Bougard, 2021

Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

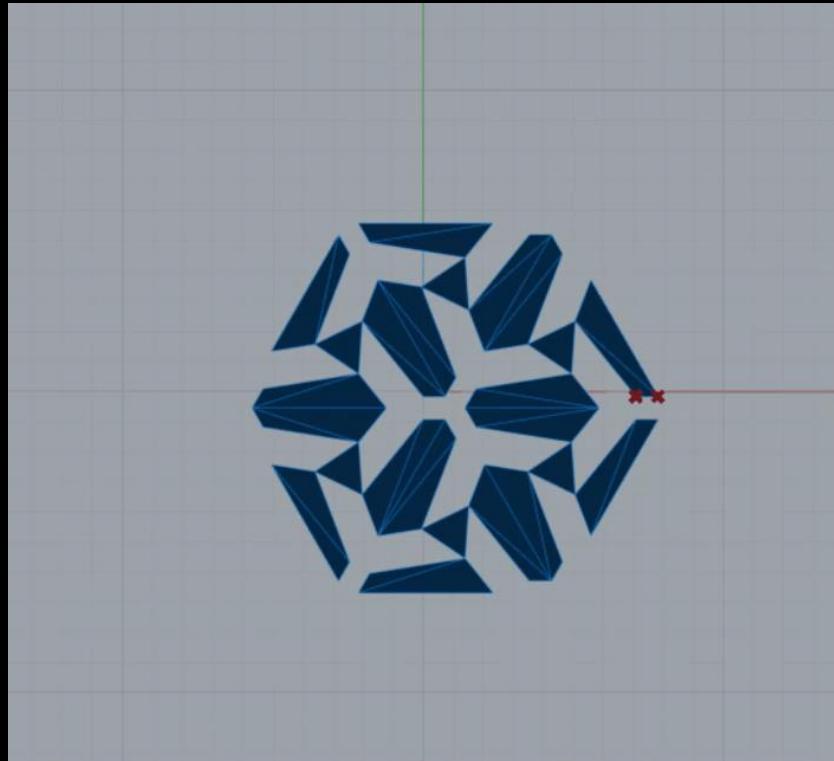


Grasshopper 022 - Sunshades (Parametric Kinetic Facade), ParaStorm Lab
<https://www.youtube.com/watch?v=1yQfzldvFno>

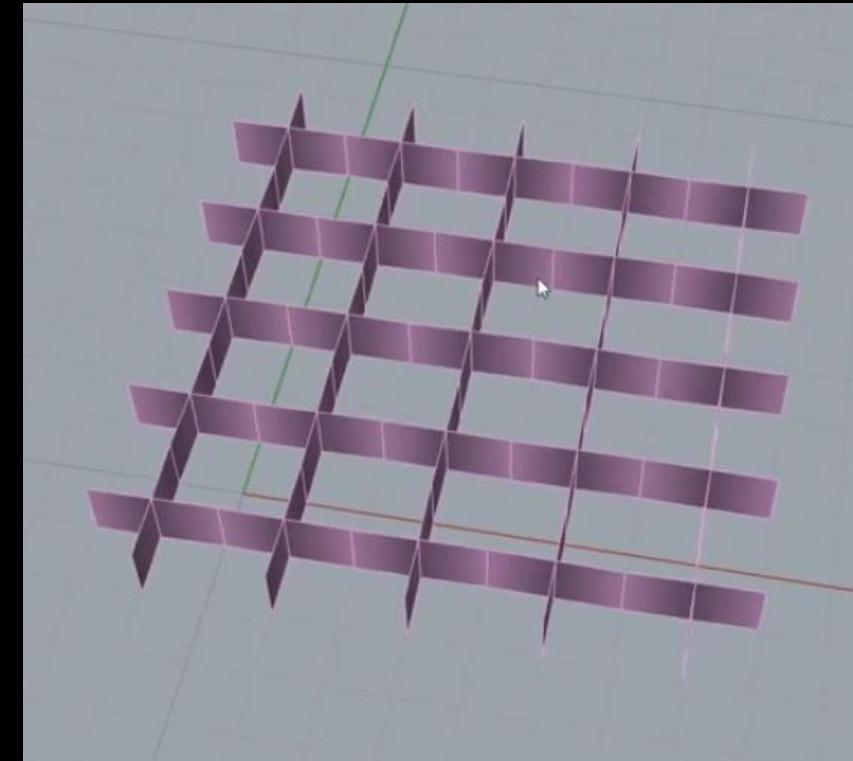
Al Bahar Towers, Aedas Arquitectos, Dubai UAE, 2012



Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique



Rigidbodies for simulating auxetics, Jasonlim on Rhinoceros Forums, 2024
<https://discourse.mcneel.com/t/rigidbodies-for-simulating-auxetics/177683>



Grasshopper note for simulating auxetic structure, 2020
<https://www.youtube.com/watch?v=6hbEOh7v0W4>

Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

In fine, le comportement sera déterminé par un ensemble *d'éléments* qui complexifient la caractérisation, la prédiction et *l'analyse* des matériaux auxétiques

- Les propriétés du pattern lui-même
- Le matériau auquel il est appliqué (impression3D), soustrait (découpe au laser) ou qui le compose (mousse)
- Si il est régulier ou si les propriétés de ses unités varient

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

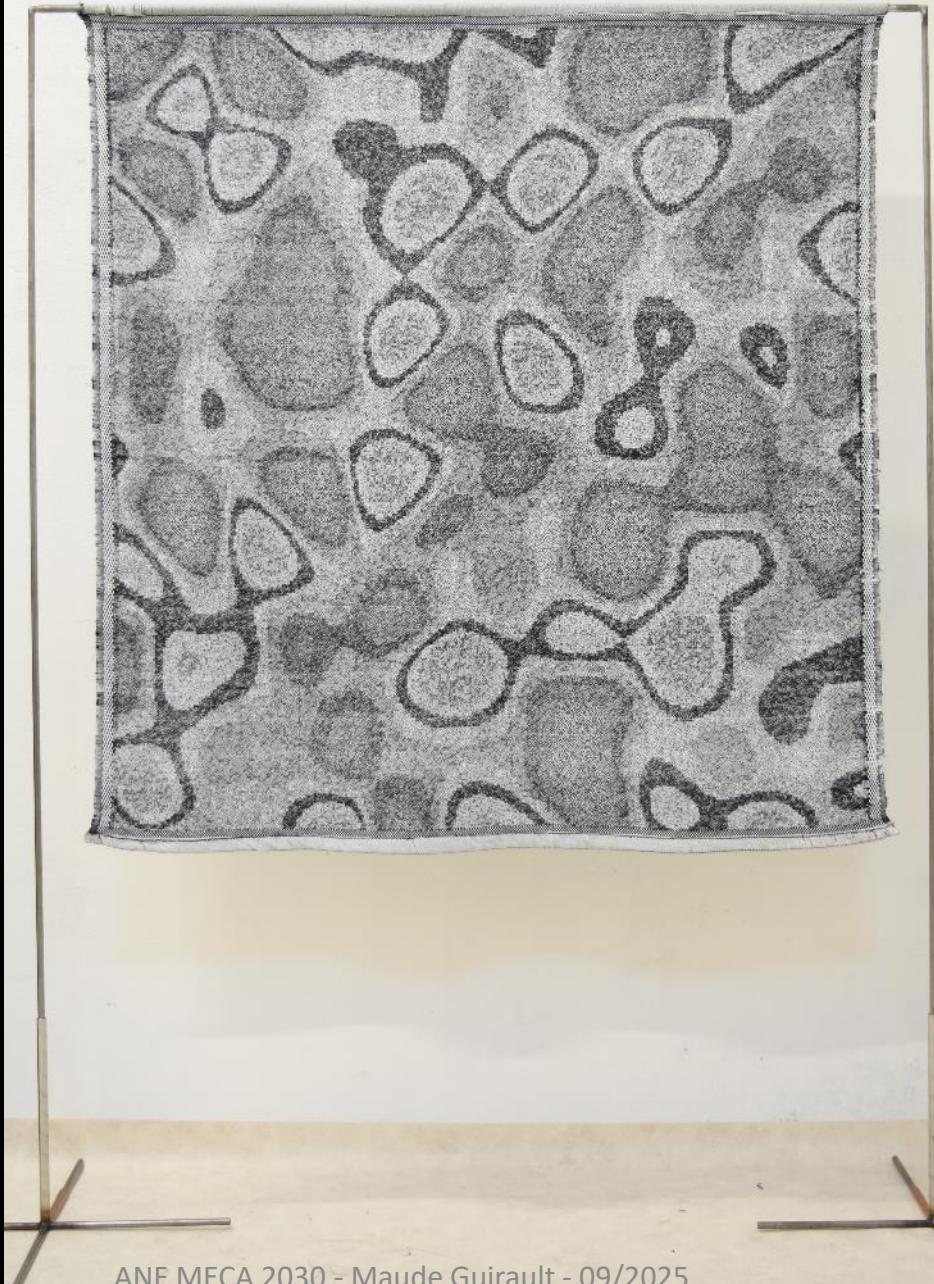
I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique
- 3 – Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

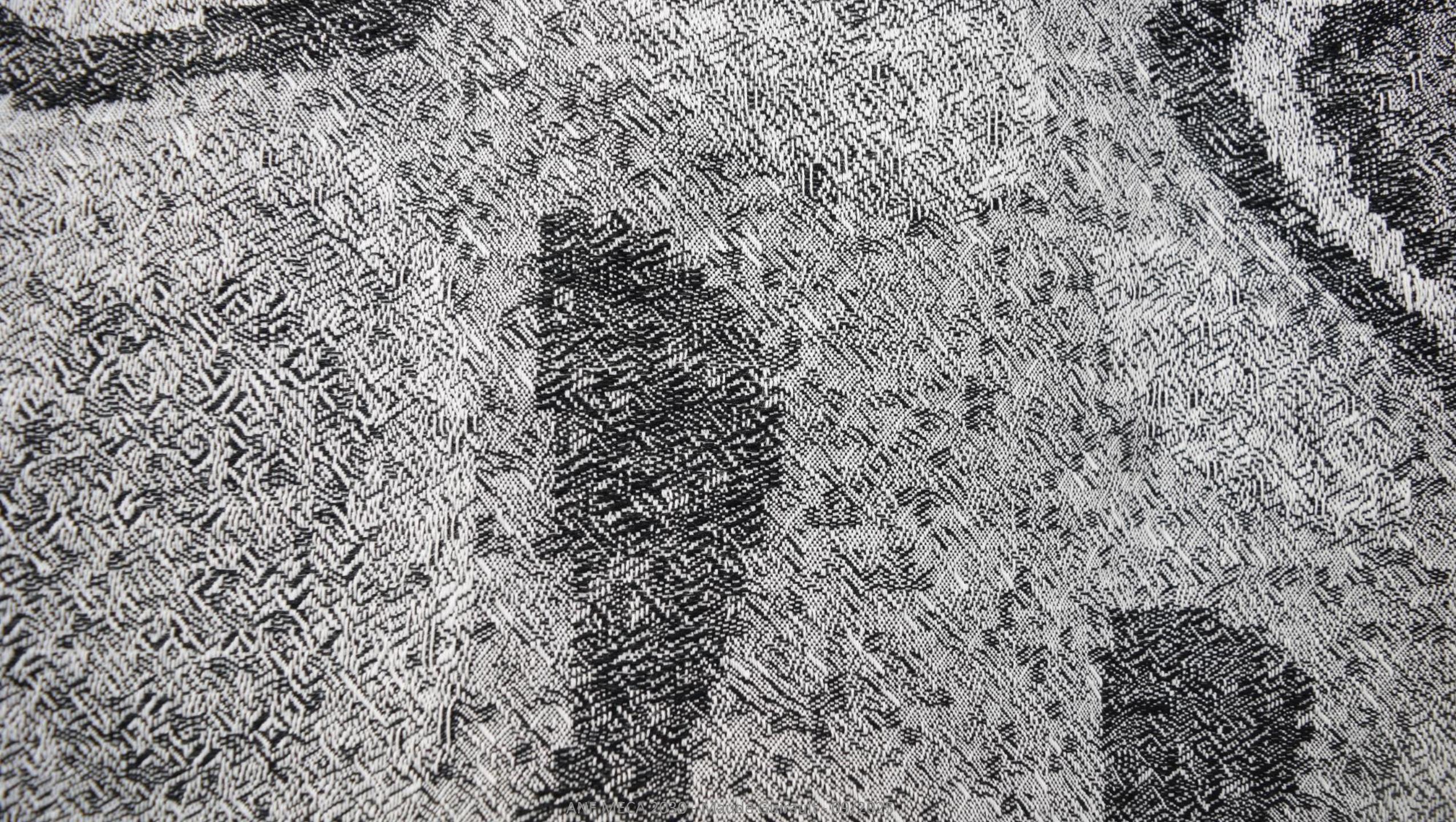
II – Weaveology, programmer la matière tissée

Weaveology, programmer la matière tissée

Woven Cells
Preuve de concept de Weaveology,
M. Guirault & A. Graziano
2025
141x161cm, 100% Coton







Weaveology, programmer la matière tissée

An inFORMed woven research project

Andrea Graziano

Designer computationnel, roboticien

Co-fondateur de Co-de-iT, studio italien de recherche en design computationnel

Enseignant au Institute for Advanced Architecture of Catalonia

Enseignant et collaborateurs dans divers laboratoires en ingénierie ainsi que dans des écoles d'art et de design françaises

Consultant

Maude Guirault

Designer computationnel, mécatronique et textile

Ingénierie à S.mart – Besançon, rattachée à l'Université Marie et Louis Pasteur et Femto-St

Assistante de recherche pour EnsadLab en partenariat avec l'Atelier Montex – Paris

Artiste résidente des Ateliers Vauban, ateliers d'artistes – Besançon

Weaveology, programmer la matière tissée

An inFORMed woven research project

qui explore les liens entre tissage Jacquard et sciences du calcul
En envisageant la matière esthétiquement, sensoriellement et mécaniquement

Et ce, en plaçant le pattern, appelé armure de tissage, au centre de la recherche

Weaveology, programmer la matière tissée

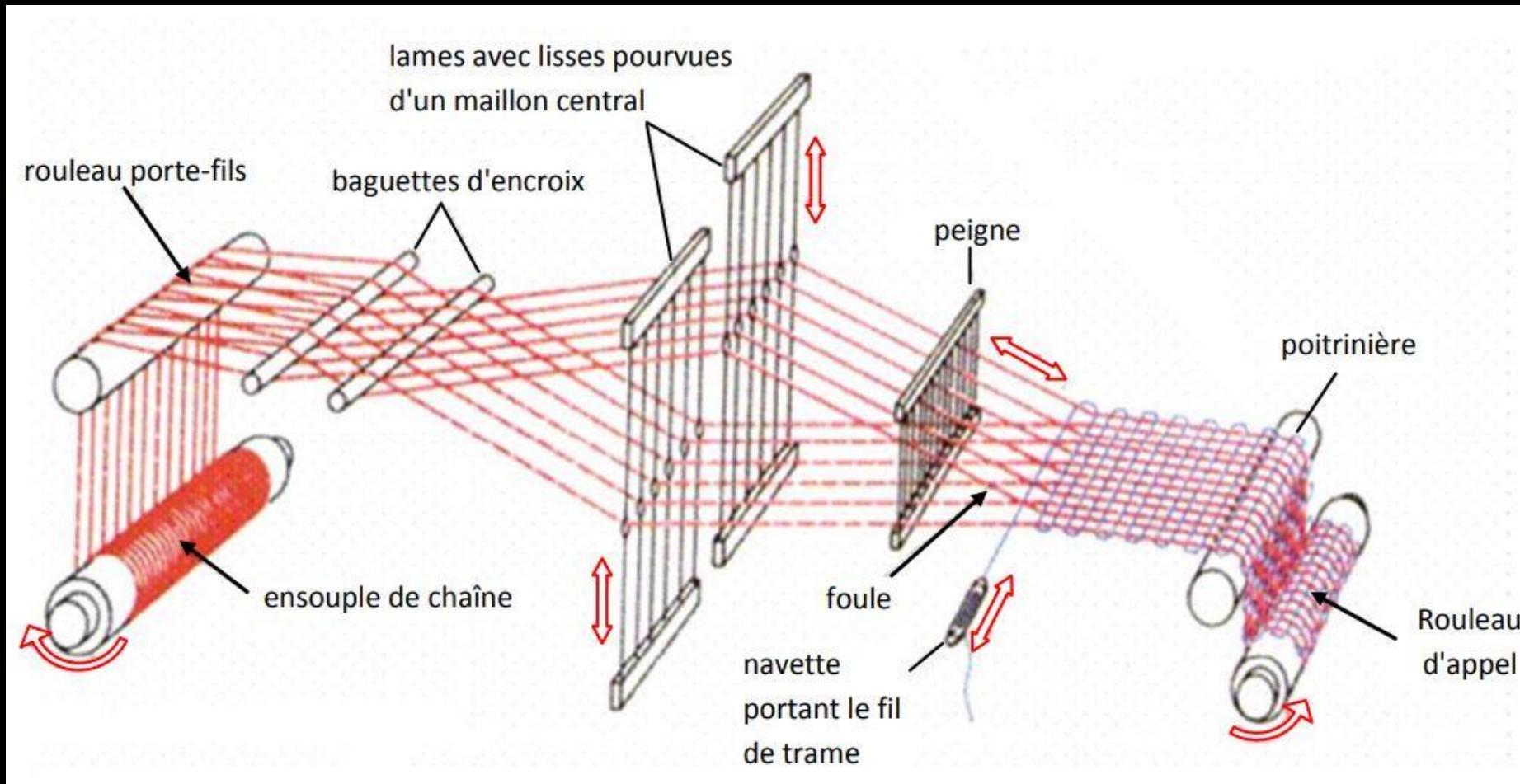
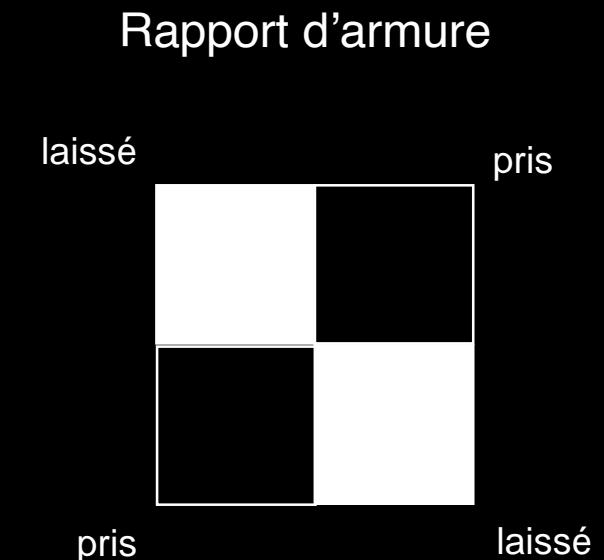
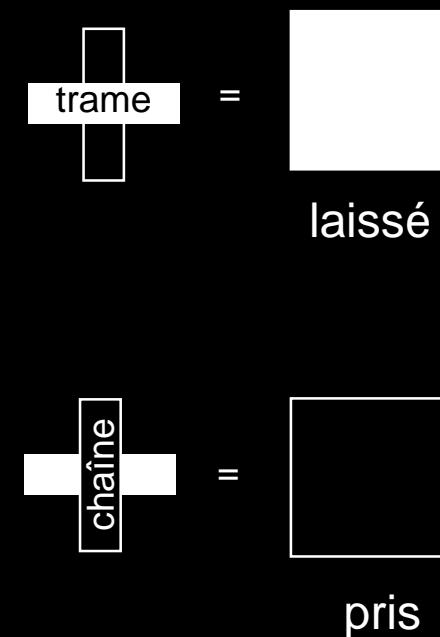
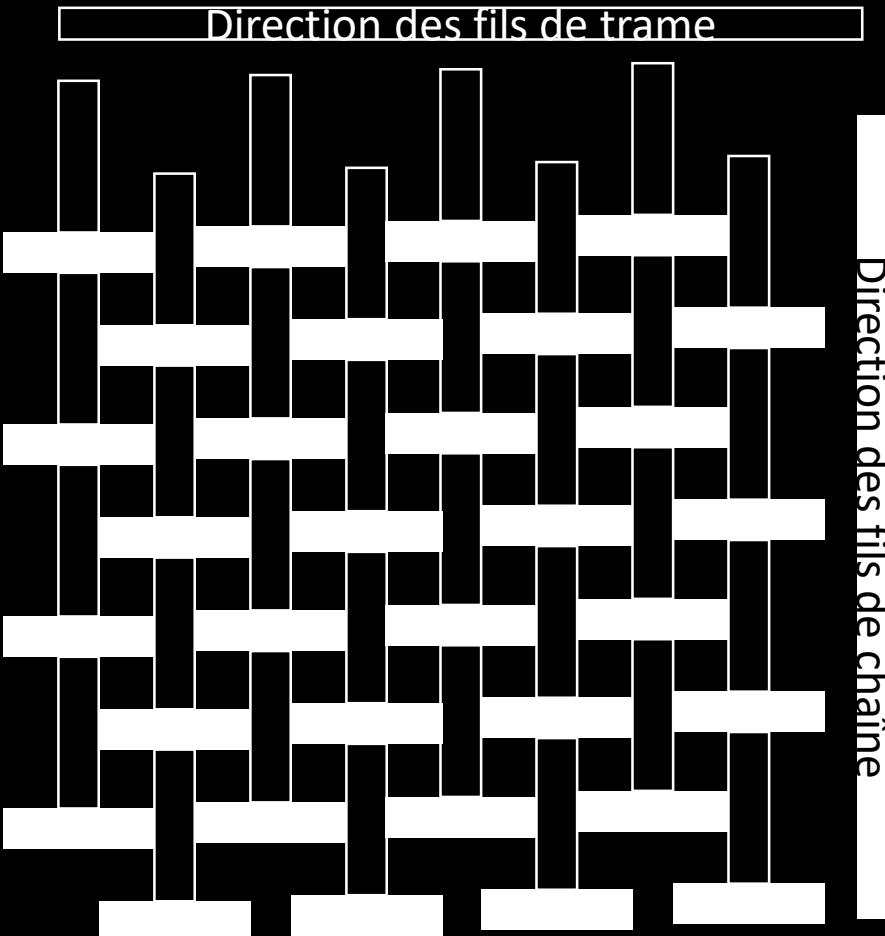
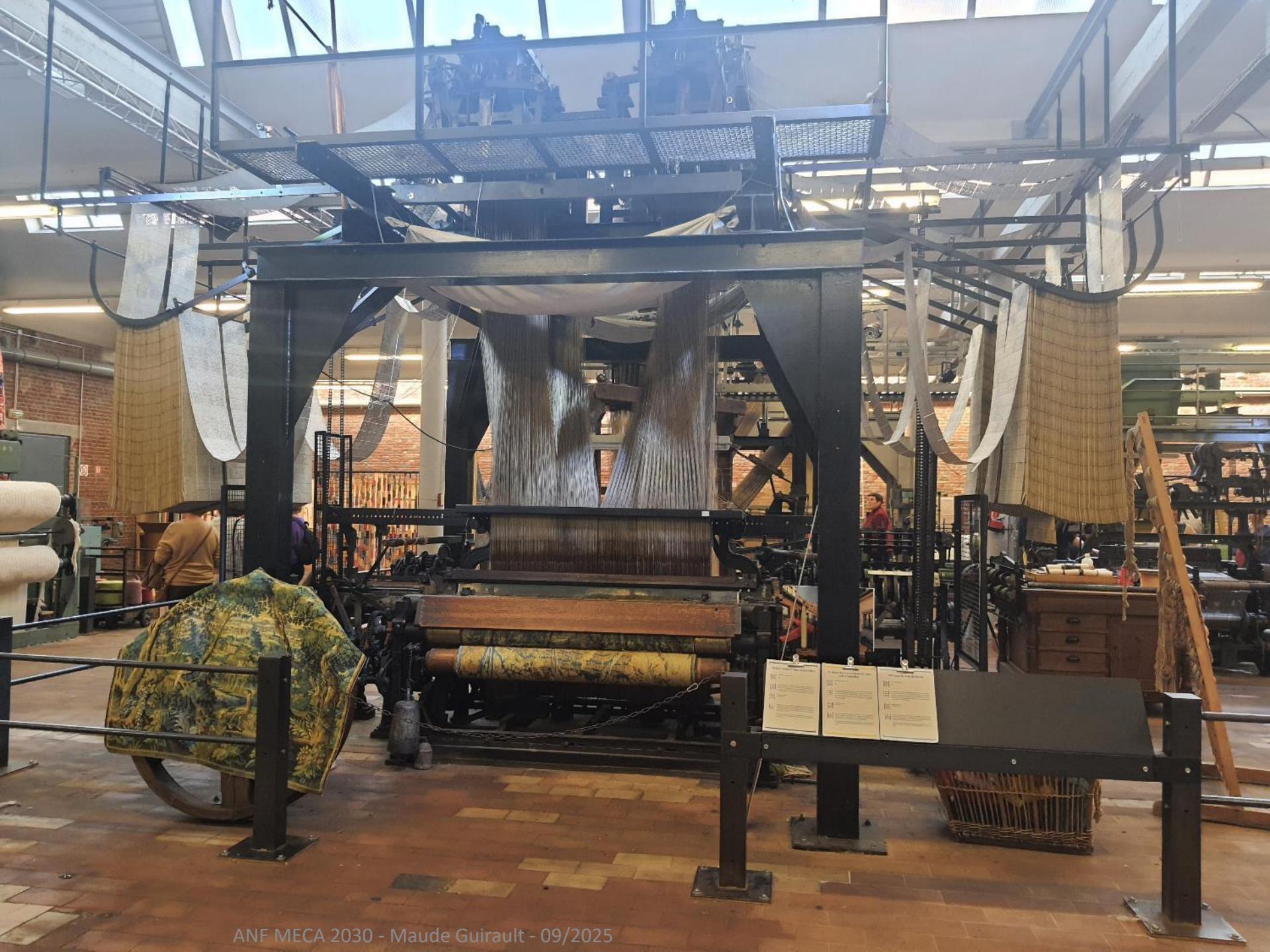


Schéma illustrant le principe de fonctionnement d'un métier à tisser

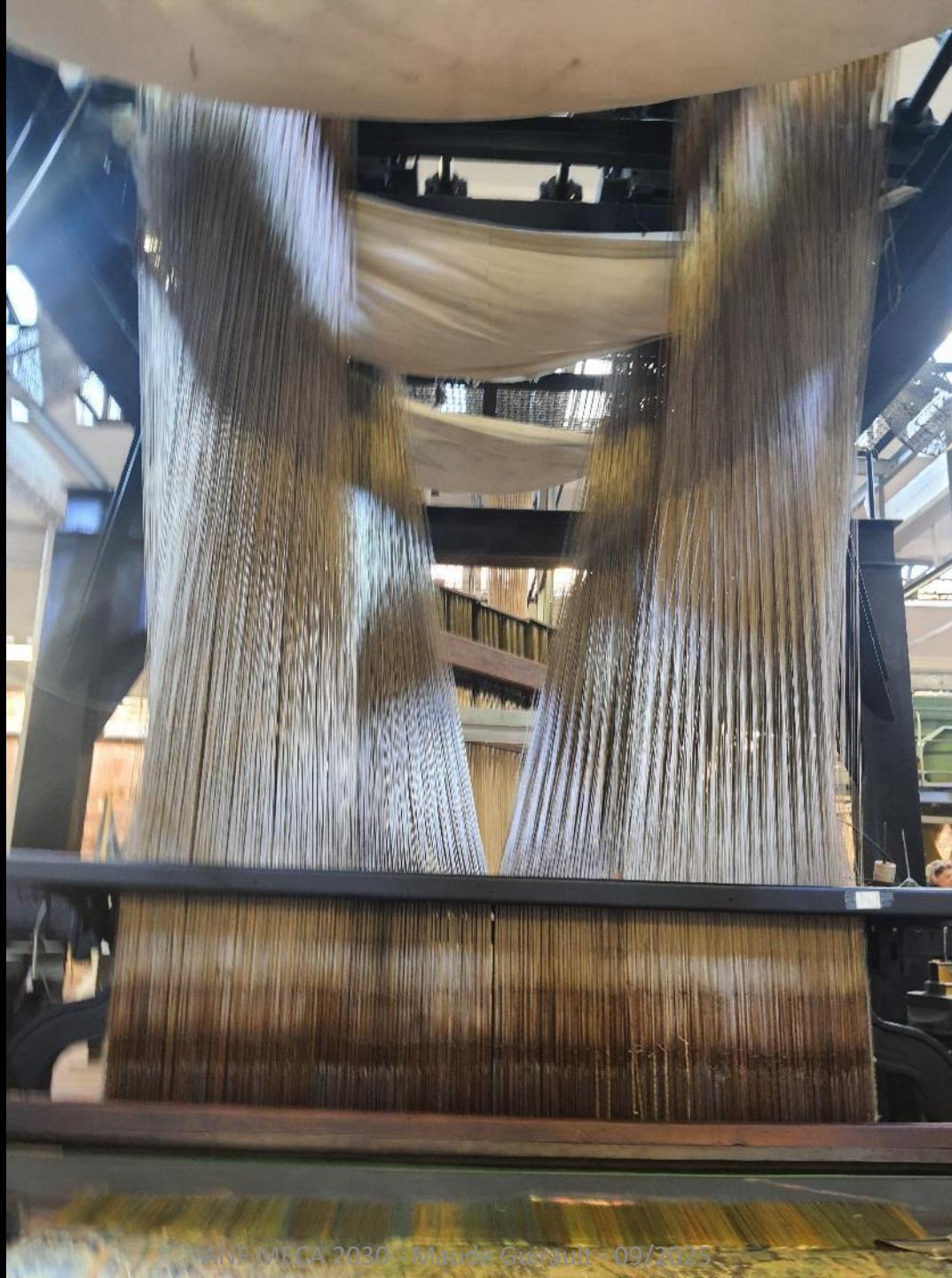
Weaveology, programmer la matière tissée



Métier à tisser Jacquard,
Manufacture de Roubaix,
2022



Métier à tisser Jacquard,
Manufacture de Roubaix,
2022



Métier à tisser Jacquard,
Manufacture de Roubaix,
2022



Métier à double lance rigide,
Manufacture de Roubaix,
2022



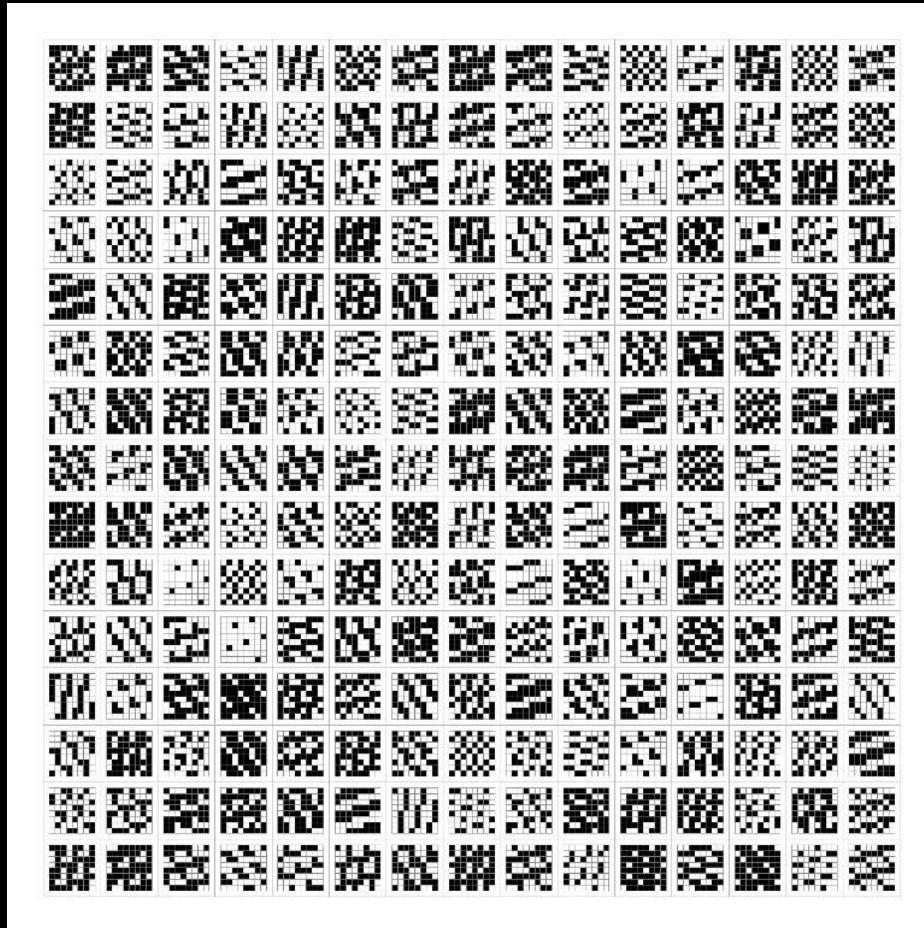
Weaveology, programmer la matière tissée

Questions de recherche

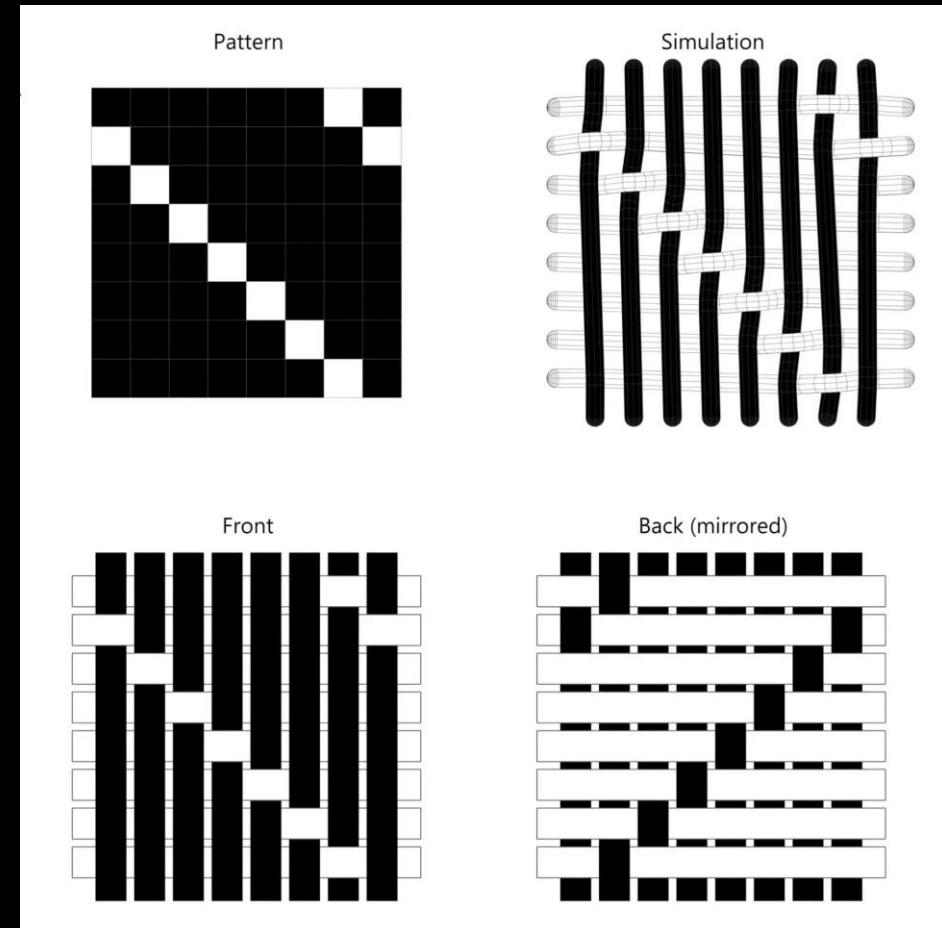
Alors que l'histoire des métiers à tisser a joué un rôle majeur dans celle des ordinateurs, l'une des interactions humain-machine peut-il faire l'objet de renouvellement ?

Comment et dans quelle mesure l'approche sensible peut-elle permettre de nouveaux développements techniques et ainsi contribuer à diversifier le vocabulaire esthétique et mécanique des pièces tissées ?

Weaveology, programmer la matière tissée

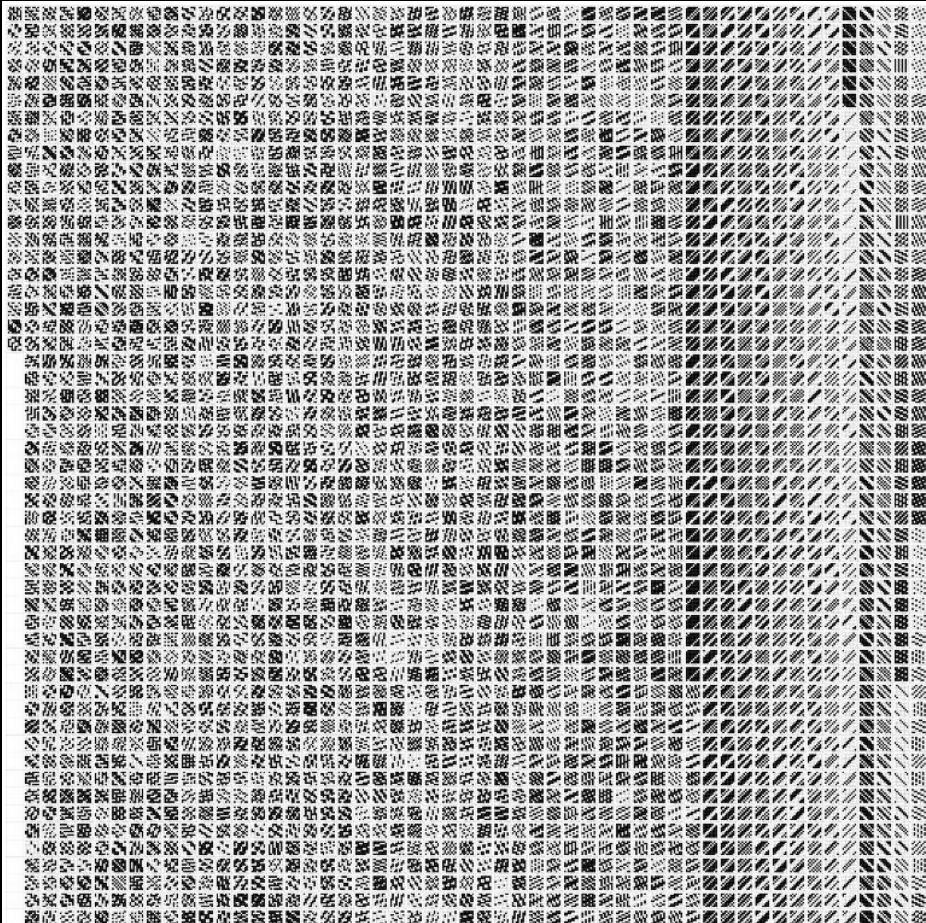


Weaveology, patterns generation with Grasshopper,
A. Graziano, 2024

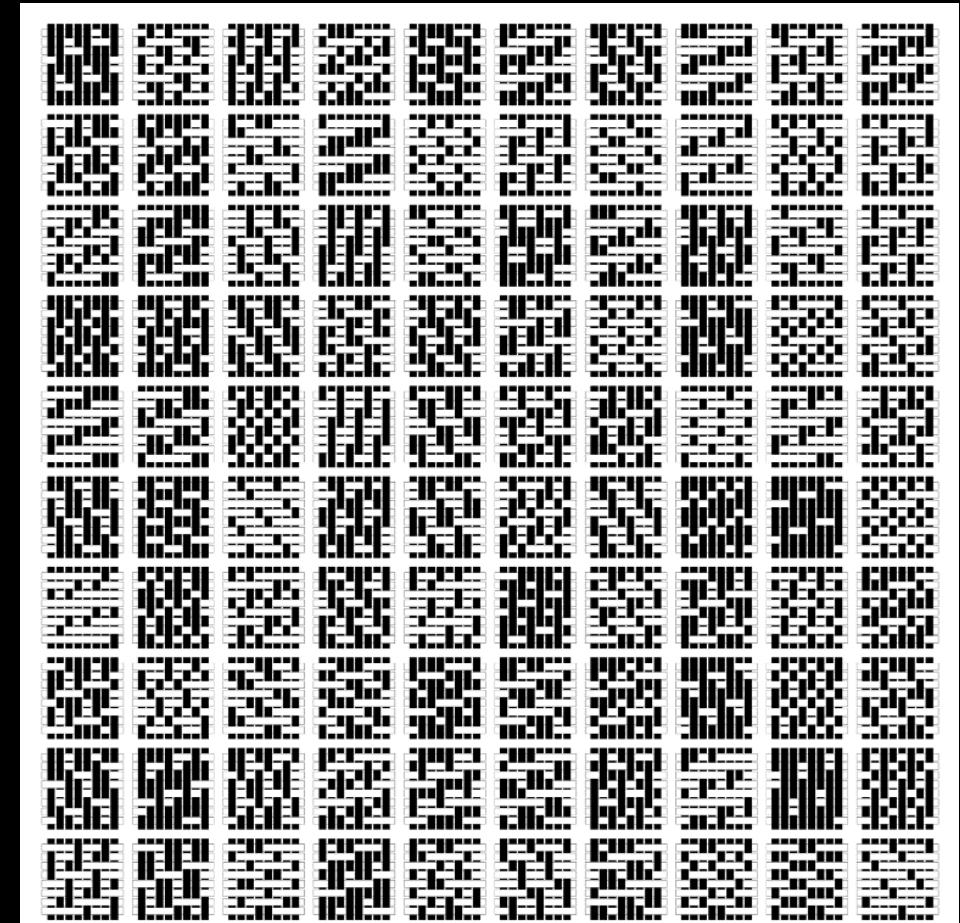


First step of simulation with Grasshopper,
A. Graziano, 2024

Weaveology, programmer la matière tissée



First step of organisation of the patterns,
A. Graziano, 2024

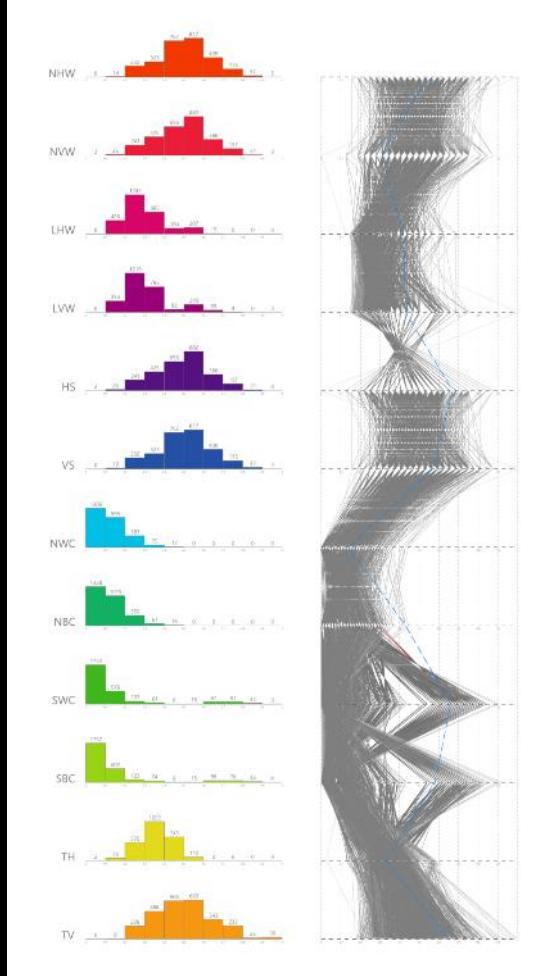


First step of organisation of the patterns,
A. Graziano, 2024

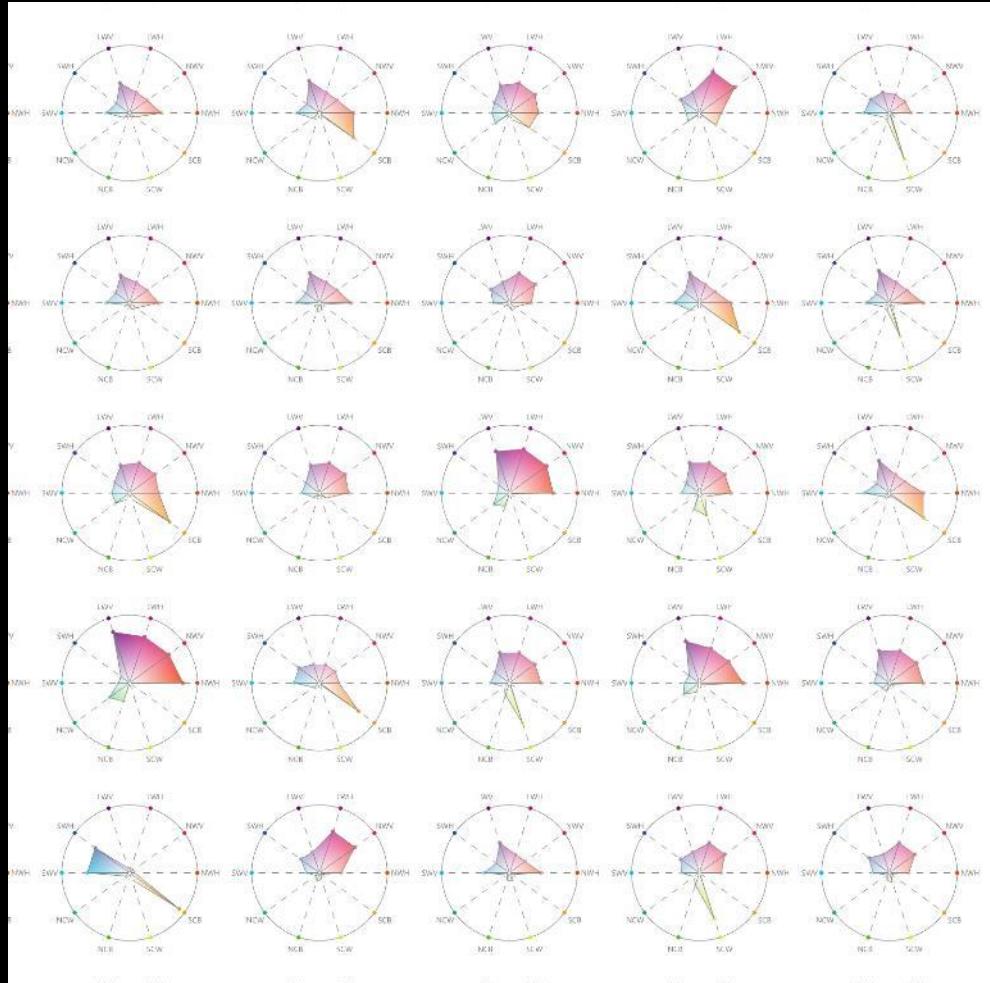
Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

Caractériser : propriétés esthétiques, sensorielles et mécaniques

Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

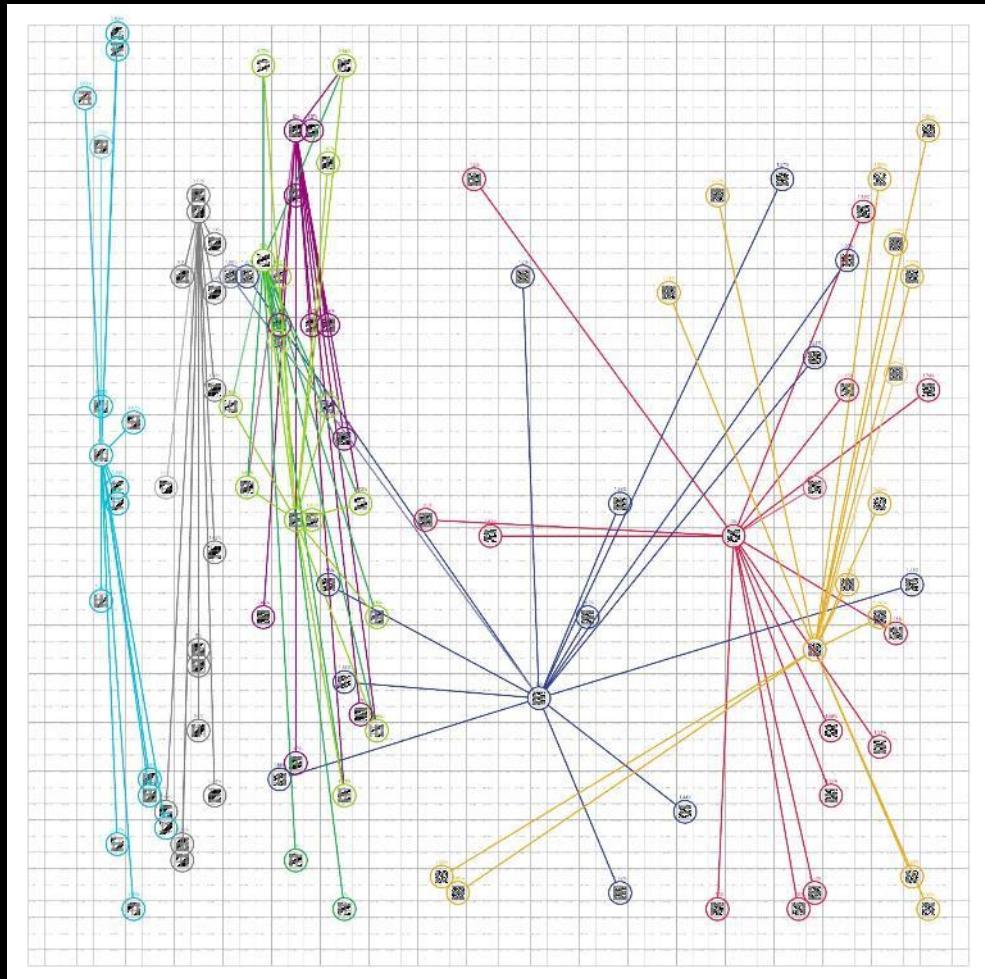


Data visualisation of the first step of organisation
of the patterns, A. Graziano, 2024

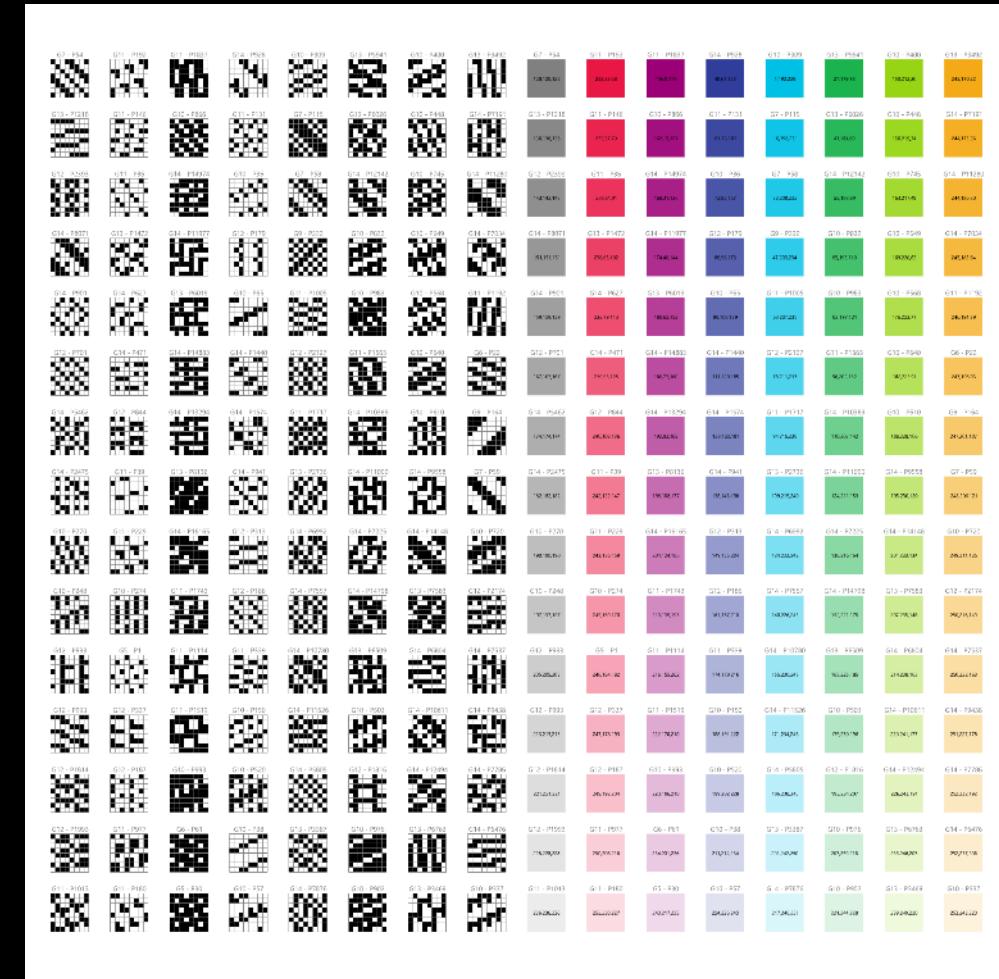


Data visualisation of the first step of organisation
of the patterns, A. Graziano, 2024

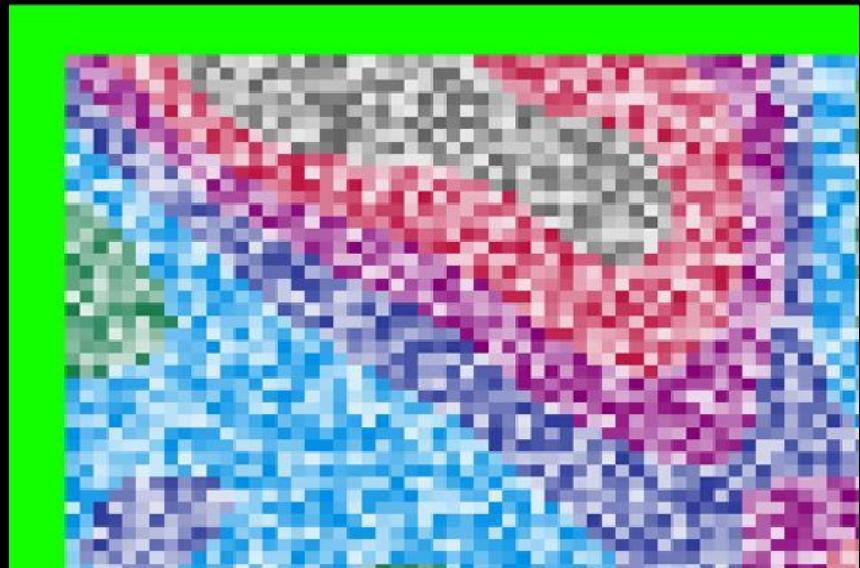
Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique



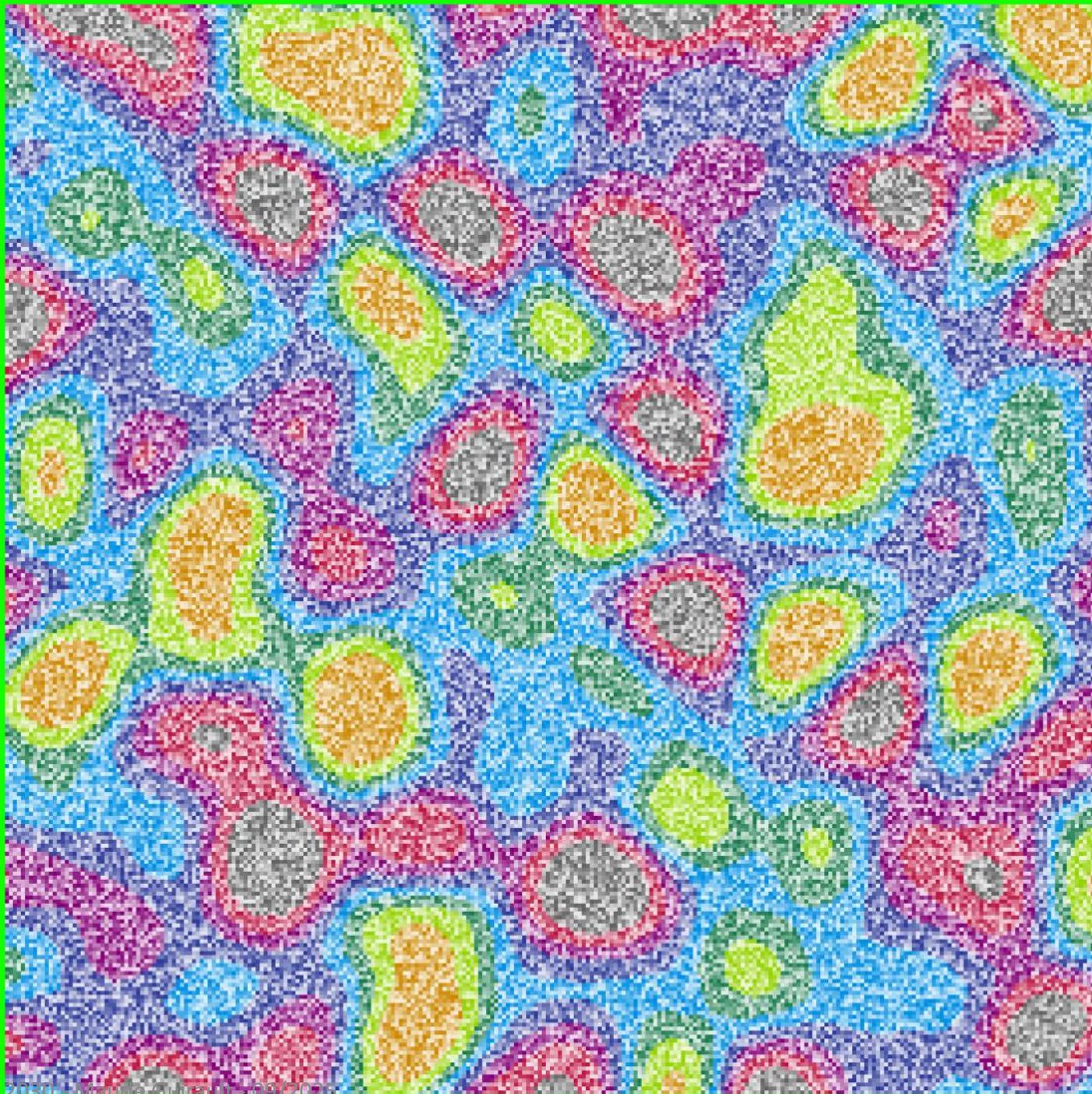
First step of clusterization of the patterns,
A. Graziano, 2024

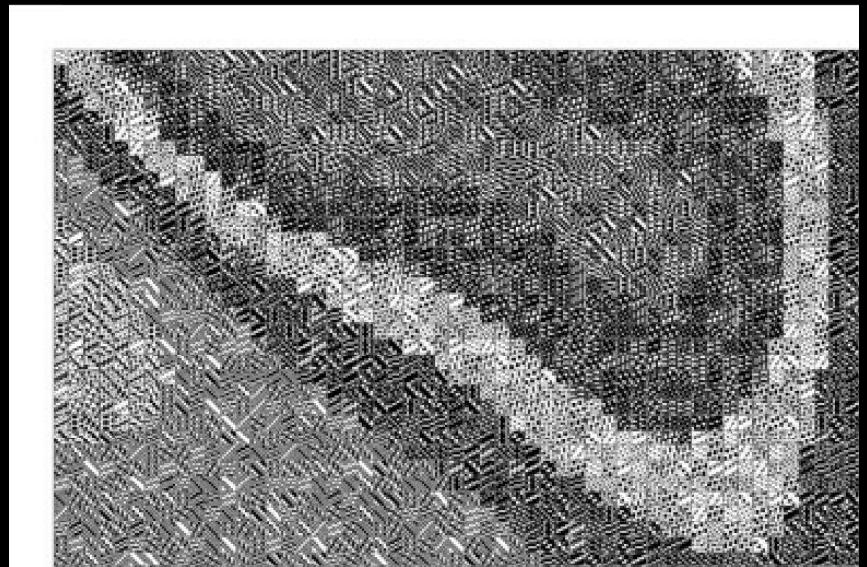


First step of colour attribution of the patterns,
A. Graziano, 2024

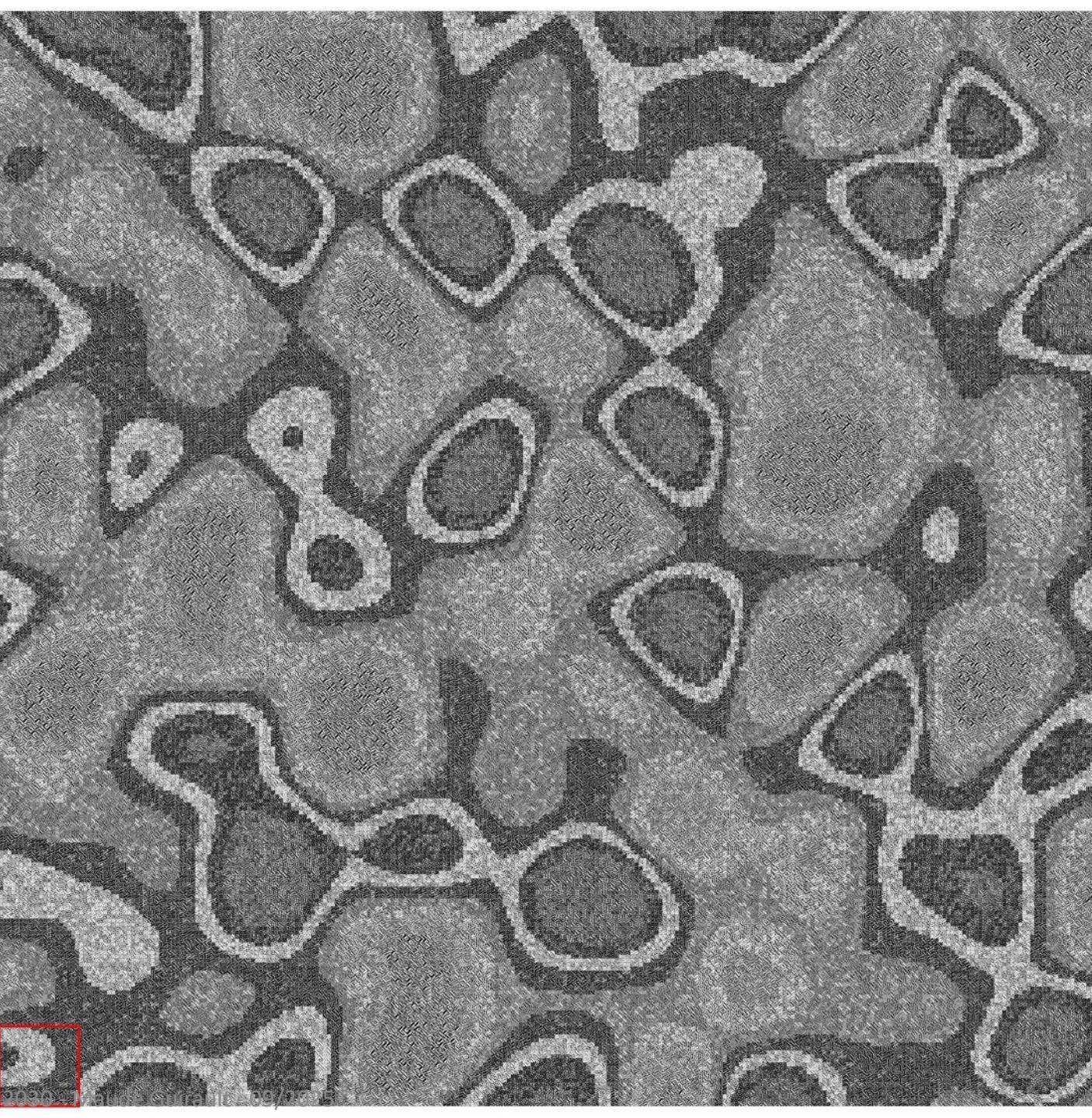


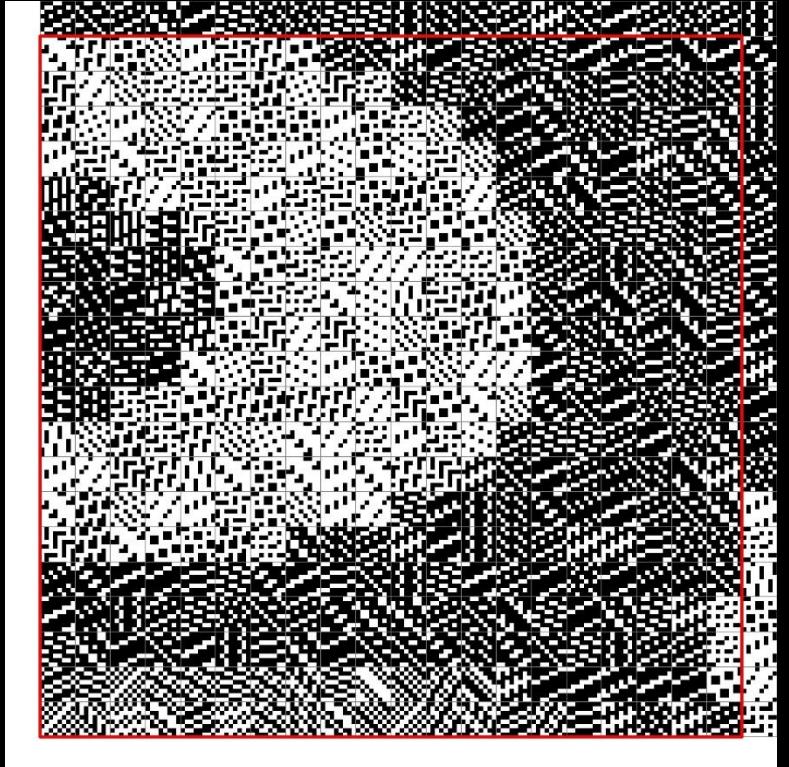
Répartition des différents patterns en couleurs techniques
M.Guirault & A. Graziano, 2025



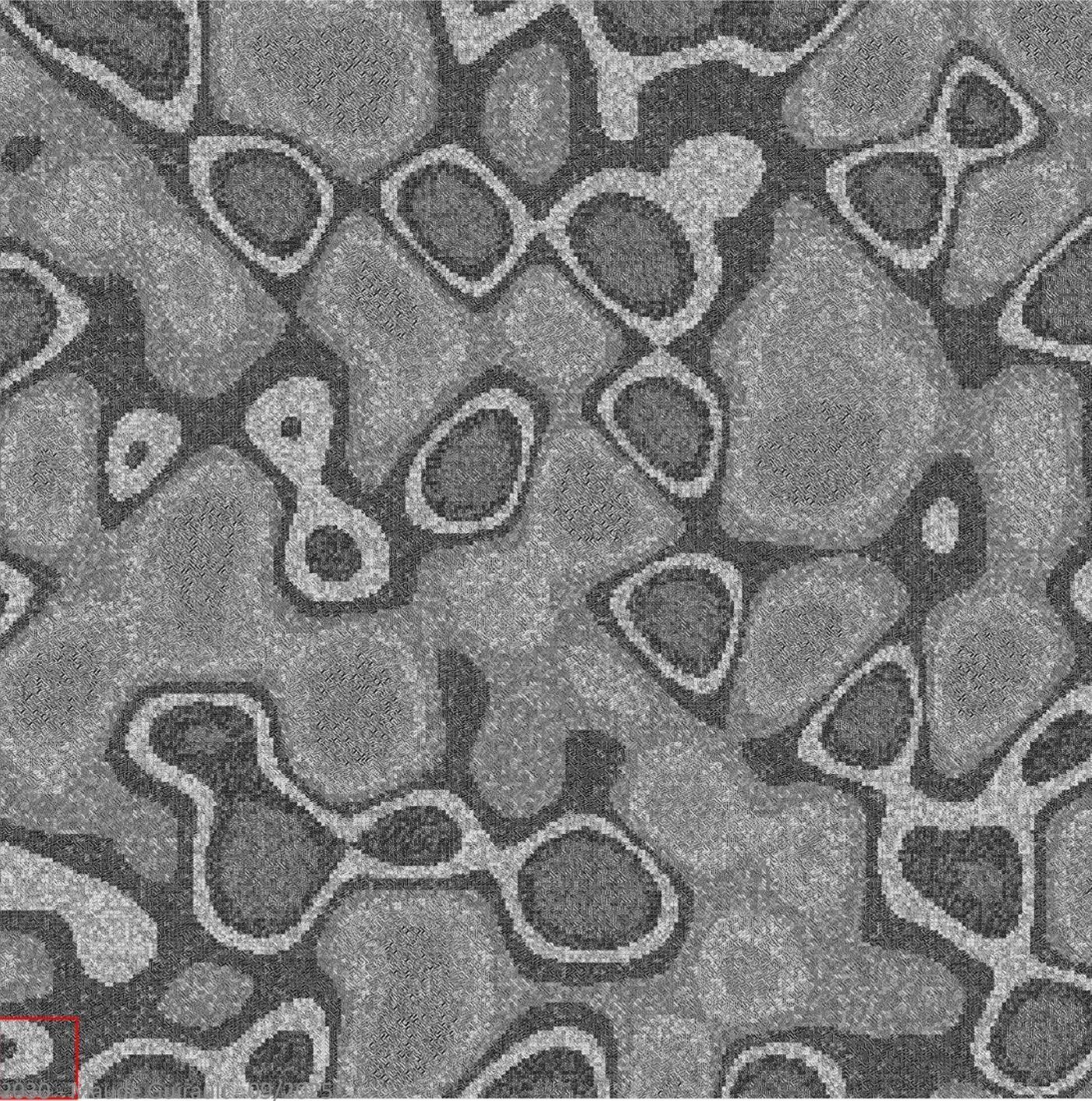


Assemblage des pixels noirs et blancs qui forment les patterns de tissage
M.Guirault & A. Graziano, 2025





Assemblage des pixels noirs et blancs qui forment les patterns de tissage
M.Guirault & A. Graziano, 2025



Woven Cells, M.Guirault & A.Graziano, 2025



Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

Enjeux de Recherche

Design paramétrique

Développement d'un algorithme d'apprentissage machine capable d'analyser un large panel de caractéristiques pour ensuite pouvoir générer des compositions complexes qui permettent de conférer les propriétés souhaitées au tissage

Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

Enjeux de Recherche

Design paramétrique

Développement d'un algorithme d'apprentissage machine capable d'analyser un large panel de caractéristiques pour ensuite pouvoir générer des compositions complexes qui permettent de conférer les propriétés souhaitées au tissage

Design textile et tissage

Apporter une nouvelle esthétique en créant des tissus à l'aspect « vibrant » et apporter une nouvelle méthodologie aux designers en s'ouvrant à une infinité d'armures de tissage

Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

Enjeux de Recherche

Design paramétrique

Développement d'un algorithme d'apprentissage machine capable d'analyser un large panel de caractéristiques pour ensuite pouvoir générer des compositions complexes qui permettent de conférer les propriétés souhaitées au tissage

Design textile et tissage

Apporter une nouvelle esthétique en créant des tissus à l'aspect « vibrant » et apporter une nouvelle méthodologie aux designers en s'ouvrant à une infinité d'armures de tissage

Mécanique

Participer à la compréhension et à la caractérisation de matériaux tissés en se focalisant sur des armures de tissage « non conventionnelles »

Weaveology, renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

→ Weaveology, M.Guirault, A.Graziano, 2025.
Article en accès libre ici : <https://weaveology.tumblr.com/>

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique
- 3 – Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

II – Weaveology, programmer la matière tissée grâce au machine learning

- 1 – Armures de tissage, le pattern au cœur de l'algorythme
- 2 – Renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

III – RÉSPIRATION, une œuvre robotisée pour éveiller aux difficultés respiratoires et les apaiser

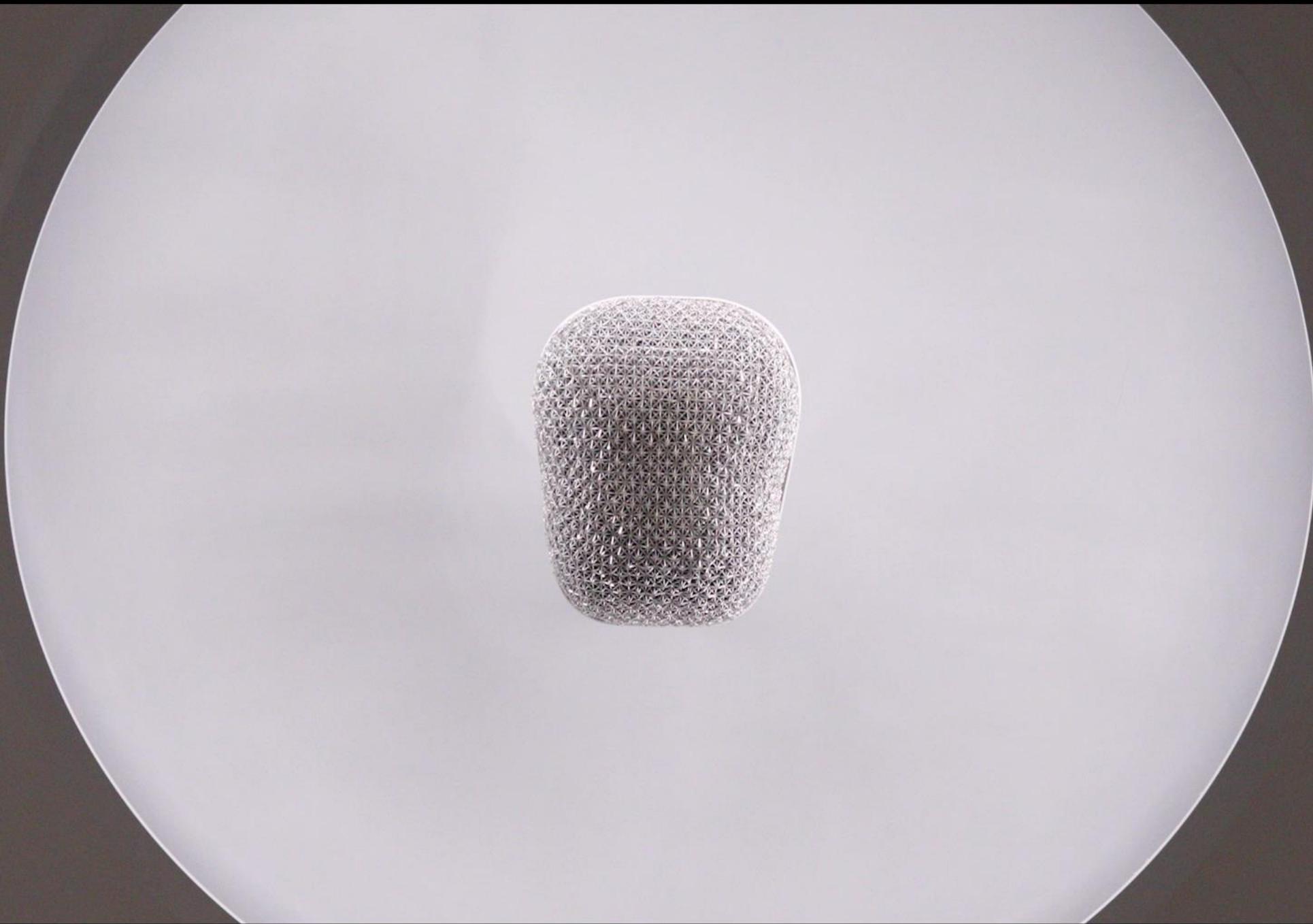
- 1 – Présentation générale du projet

RÉESPIRATION

une installation artistique robotisée de Samuel Bianchini (artiste et enseignant-chercheur à EnsadLab, HDR)

une oeuvre robotisée pour éveiller aux difficultés respiratoires pour les apaiser





RÉESPIRATION

Le projet a reçu le soutien de différents organismes et personnes :

- Fondation de France
- Groupe Hospitalier Universitaire APHP-Sorbonne Université
- Fondation du Souffle
- Institut Universitaire d'Ingénierie en Santé de Sorbonne Université
- Région Île-de-France
- Société Löwenstein Medical France
- Don personnel de M. Picciotto
- Chaire Beauté.s – PSL University, for the first exhibition
- Société des Nouveaux commanditaires



RÉESPIRATION

Partenaires :

- Atelier Montex, Atelier de broderie de luxe
- École des Arts Décoratifs – Université Paris Sciences et Lettres (PSL)
- FEMTO-ST Institut (Franche-Comté Électronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies) - UMR 6174
- ISIR (Institut des systèmes intelligents et robotique) - UMR 7222 Université Sorbonne – CNRS
- Unité Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique - UMRS 1158 Université Sorbonne - Inserm



RÉESPIRATION

Action Nouveaux Commanditaires soutenu par le Ministère de la Culture et la Fondation de France

Le groupe des Commanditaires compose de membres et d'ex-members du Département R3S (Respiration, Réanimation, Réadaptation respiratoire, Sommeil) à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière:

- Dr. Maxens Decavèle, docteur réanimateur
- Irina Goriounov, psychologue clinicienne
- Dr. Antoine Guerder, pneumologue
- Sophie Lavault, ingénierie de recherche et psychologue clinicienne
- Pr. Capucine Morélot-Panzini, pneumologue
- Marie-Cécile Nierat, ingénierie de recherche
- Nathalie Nion, cadre supérieur de santé
- Pr. Thomas Similowski, pneumologue, directeur du département R3S et de l'Unité UMRS 1158 INSERM-Sorbonne Université

avec Dr Laure Serresse, médecin en soins palliatifs; Mrs Christine Welty, directrice générale du Groupe Hospitalier Universitaire AP-HP. Groupe Hospitalier Sorbonne Université; le père Frédéric Louzeau, aumônier à la chapelle St-Louis de la Salpêtrière ; et Dr Claudine Peiffer, pneumologue clinicienne.



RÉESPIRATION

- 10% de la population française souffre de difficultés respiratoires
- L'empathie des soignants soulage la souffrance des patients

(N. Nion, M-C. Niérat, S. Lavault, N. Simon-Tillaux, A. Guerder, P-Y. Blanchard, C. Morelot-Panzini, L. Serresse, T. Similowski. 2024)

Comment l'empathie respiratoire peut-elle être utilisée pour apporter du bien-être et, éventuellement, même soigner ?

RÉESPIRATION

- 10% de la population française souffre de difficultés respiratoires
- L'empathie des soignants soulage la souffrance des patients

(N. Nion, M-C. Niérat, S. Lavault, N. Simon-Tillaux, A. Guerder, P-Y. Blanchard, C. Morelot-Panzini, L. Serresse, T. Similowski. 2024)

Comment l'empathie respiratoire peut-elle être utilisée pour apporter du bien-être et, éventuellement, même soigner ?

L'expérience esthétique pourrait-elle être vectrice de mieux-être respiratoire et, possiblement, de soins ?

RÉESPIRATION

Promotion and producer : 3CA - Mari Linnman

Artistic, scientific and technological team : Samuel Bianchini with the artistic collaboration of Hugo Scurto and Victor Audouze (sound design), Corentin Loubet (object design), Maude Guirault (textile design) in collaboration with Aska Yamashita (artistic director of Atelier Montex), Atelier Montex (embroidery) and the scientific and technological contributions of Thomas Similowski (respiratory neurophysiology), Philippe Gauthier (computer science for interaction), Baptiste Caramiaux and Hugo Scurto (AI / machine learning), Kanti Rabenorosoa, François Marionnet, Pierre Roux and Maude Guirault, with the collaboration of Sylvain Hernandez, Alexis Lefèvre, Mehdi Salah and Vincent Tissot (robotics).

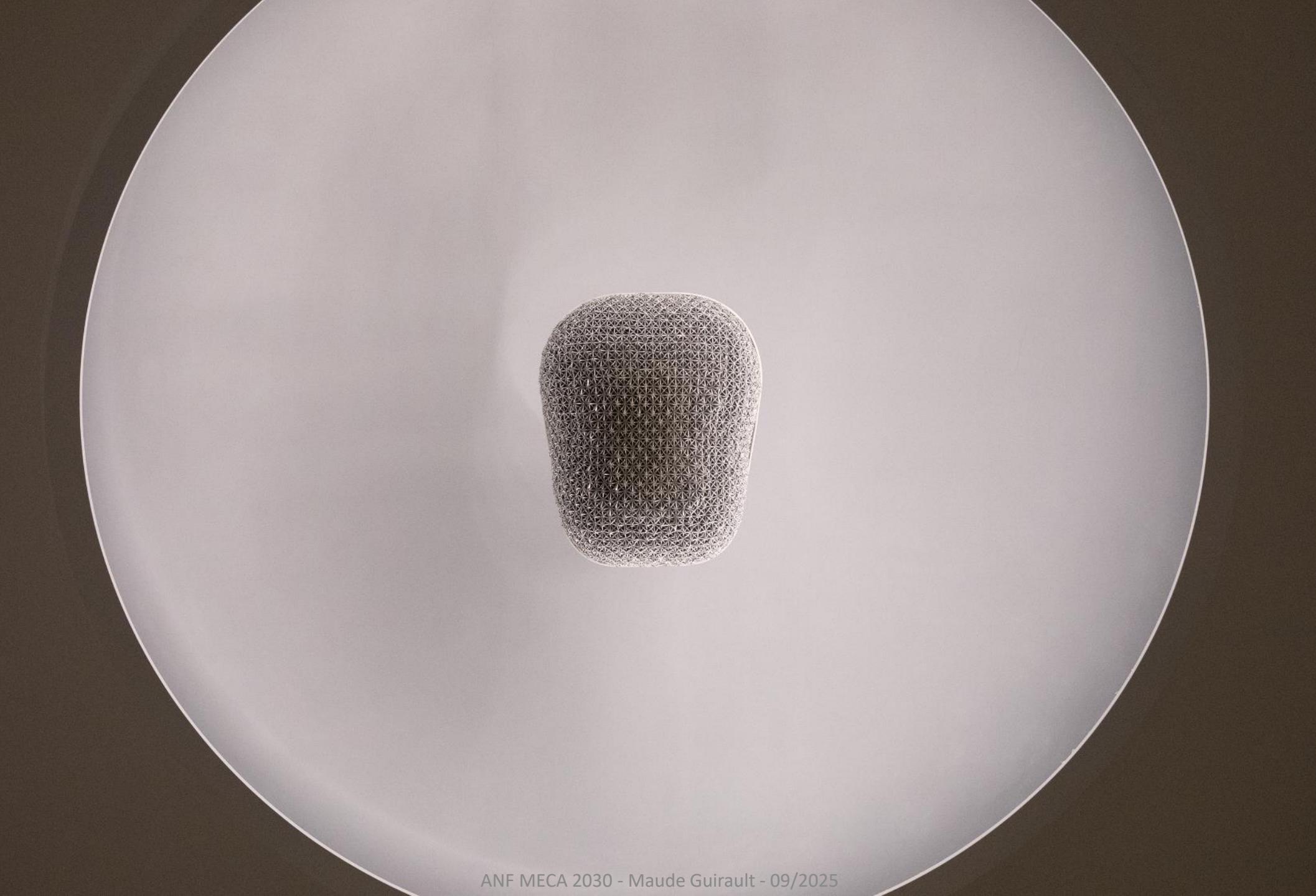
Musicians and performers: Breathing: Minh Boutin, artist and musician, Mathias Minne, actor and author; Cello: Dr Marta Fornasari, general practitioner; Violin: Dr Lara Joslove, intensive care physician; Grand-orgue de l'église Saint-Louis de la Salpêtrière, Paris, 1709, 1861, 1977-9: Father Frédéric Louzeau; Flute: Dr Iseline Peyre, music therapist.

Realisation of the parabola: ARRK

Stage manager: Simon Paugoy

Assistant: Laura Fernandez

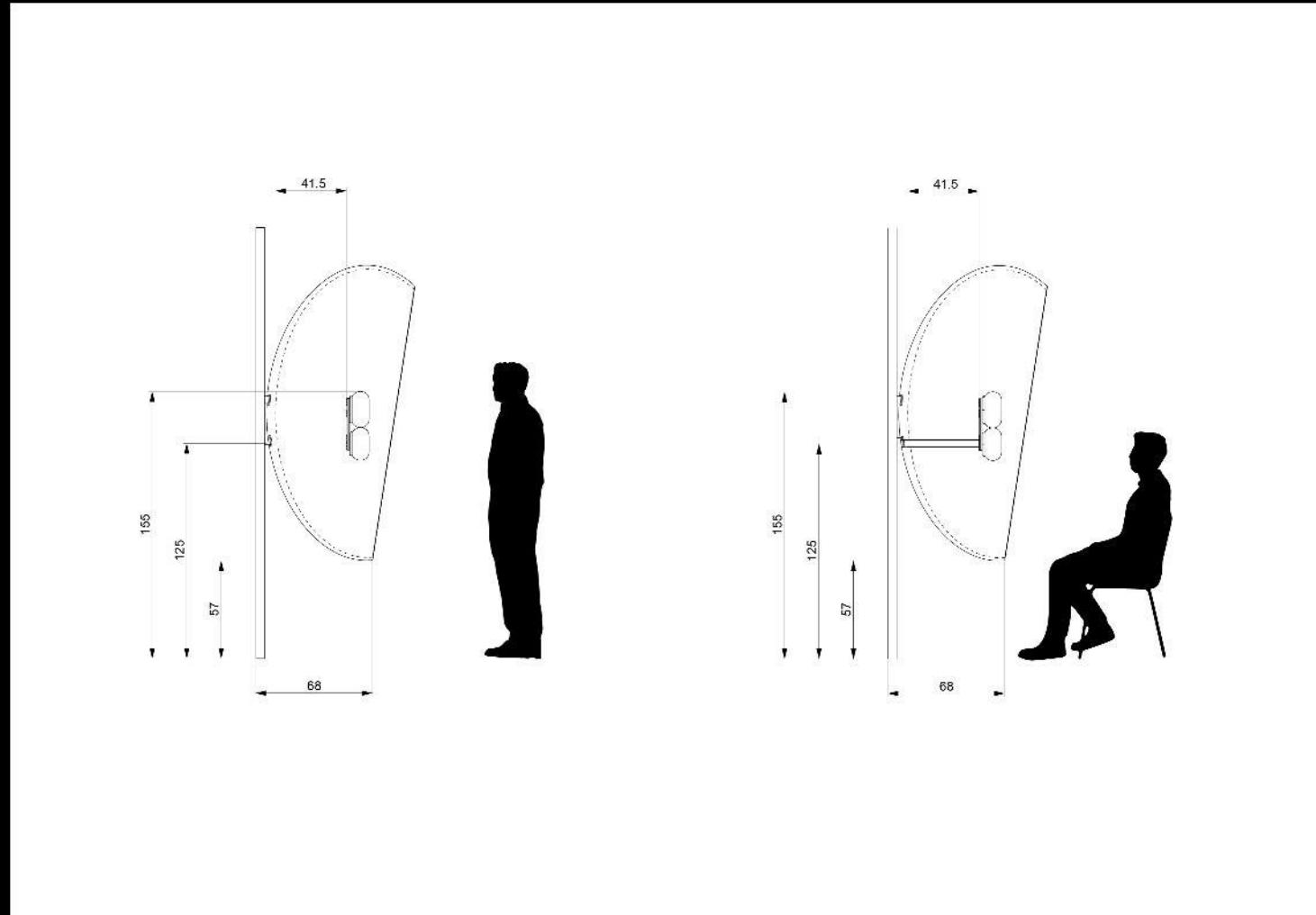






ANF MECA 2030 - Maude Guirault - 09/2025

RÉESPIRATION, Global design



Preview image and technical drawing, C. Loubet (EnsadLab)

RÉESPIRATION, Interactive device

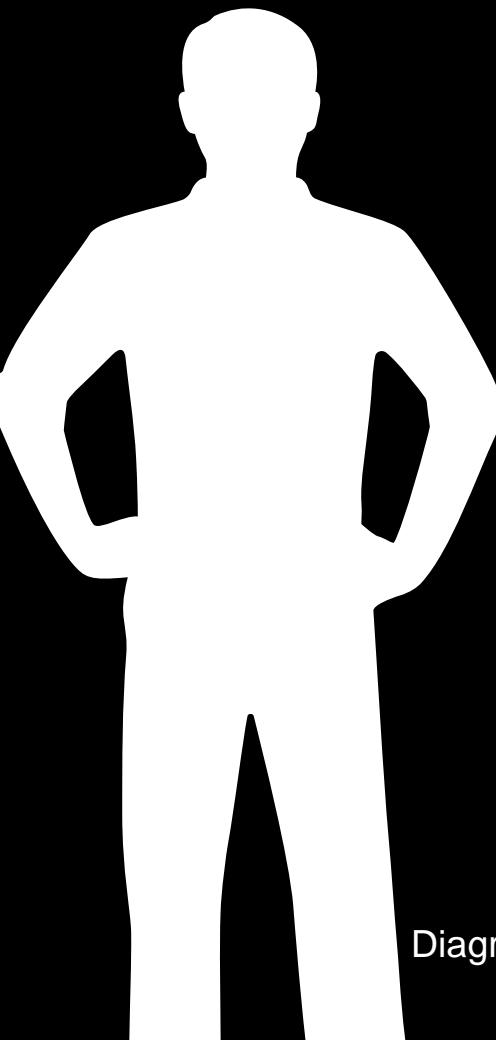
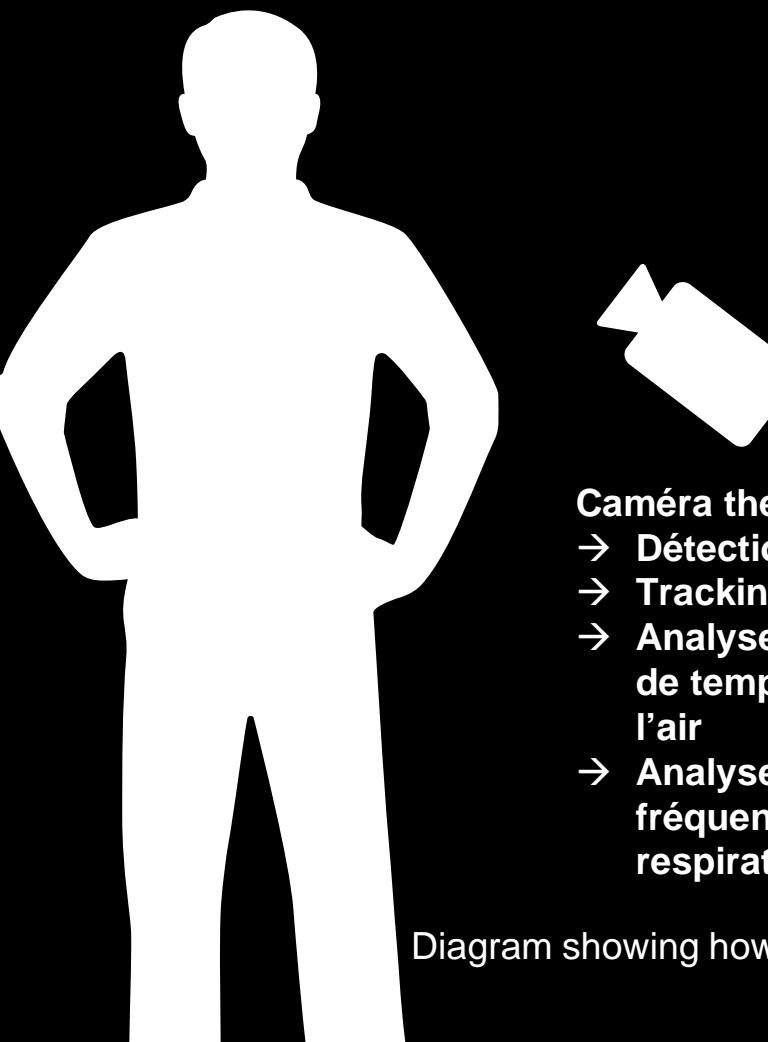


Diagram showing how the interactive device works, S. Bianchini (EnsadLab)

RÉESPIRATION, Interactive device



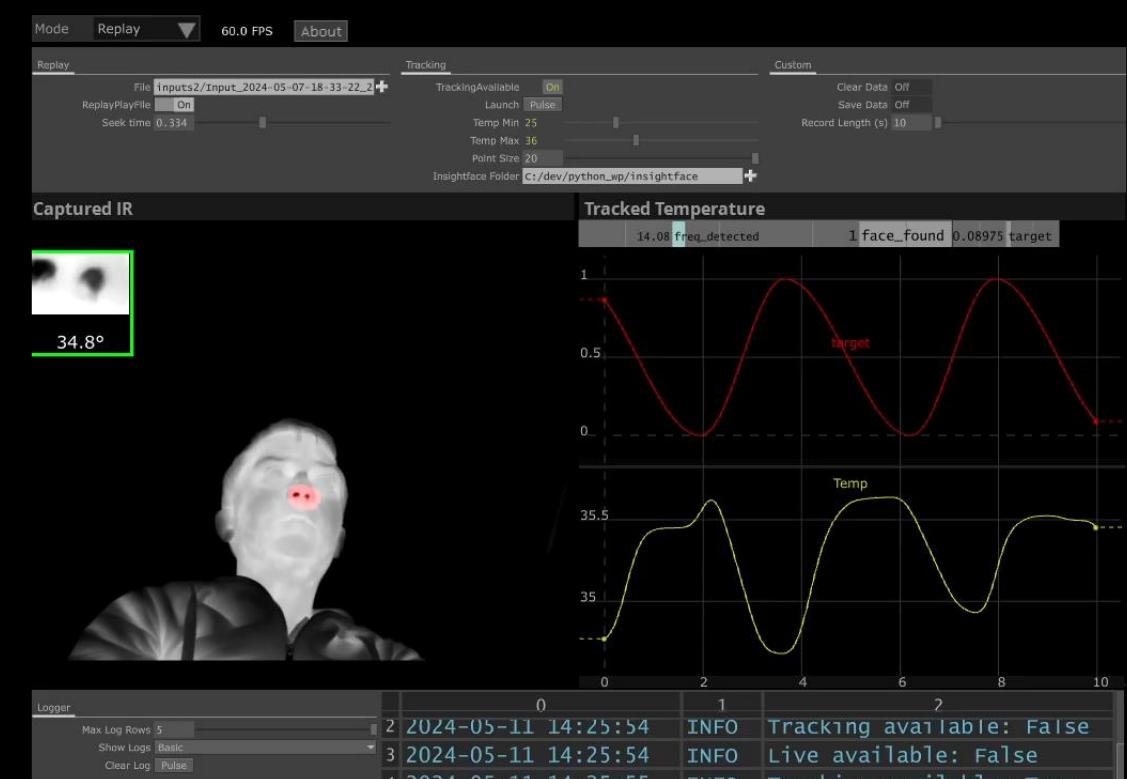
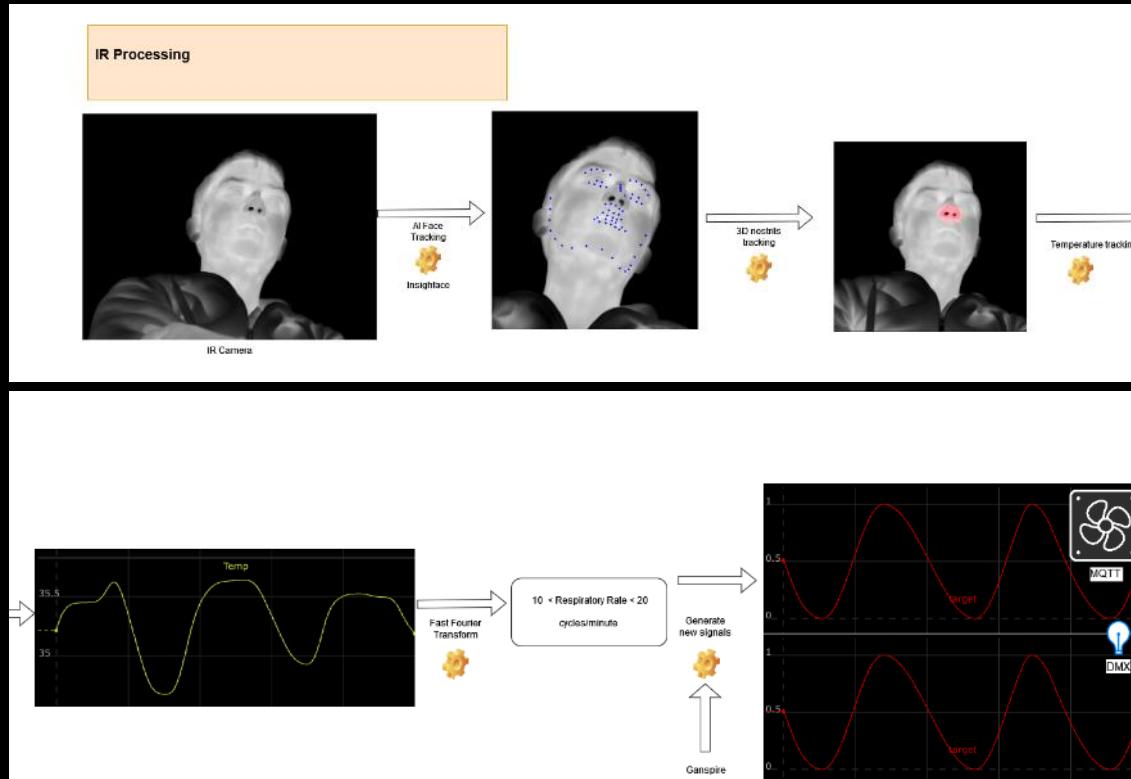
- Caméra thermique :**
- Détection du visage
 - Tracking (nez)
 - Analyse du contraste de température de l'air
 - Analyse de la fréquence respiratoire

Diagram showing how the interactive device works, S. Bianchini (EnsadLab)



Initial laboratory tests, Femto-ST,
2024

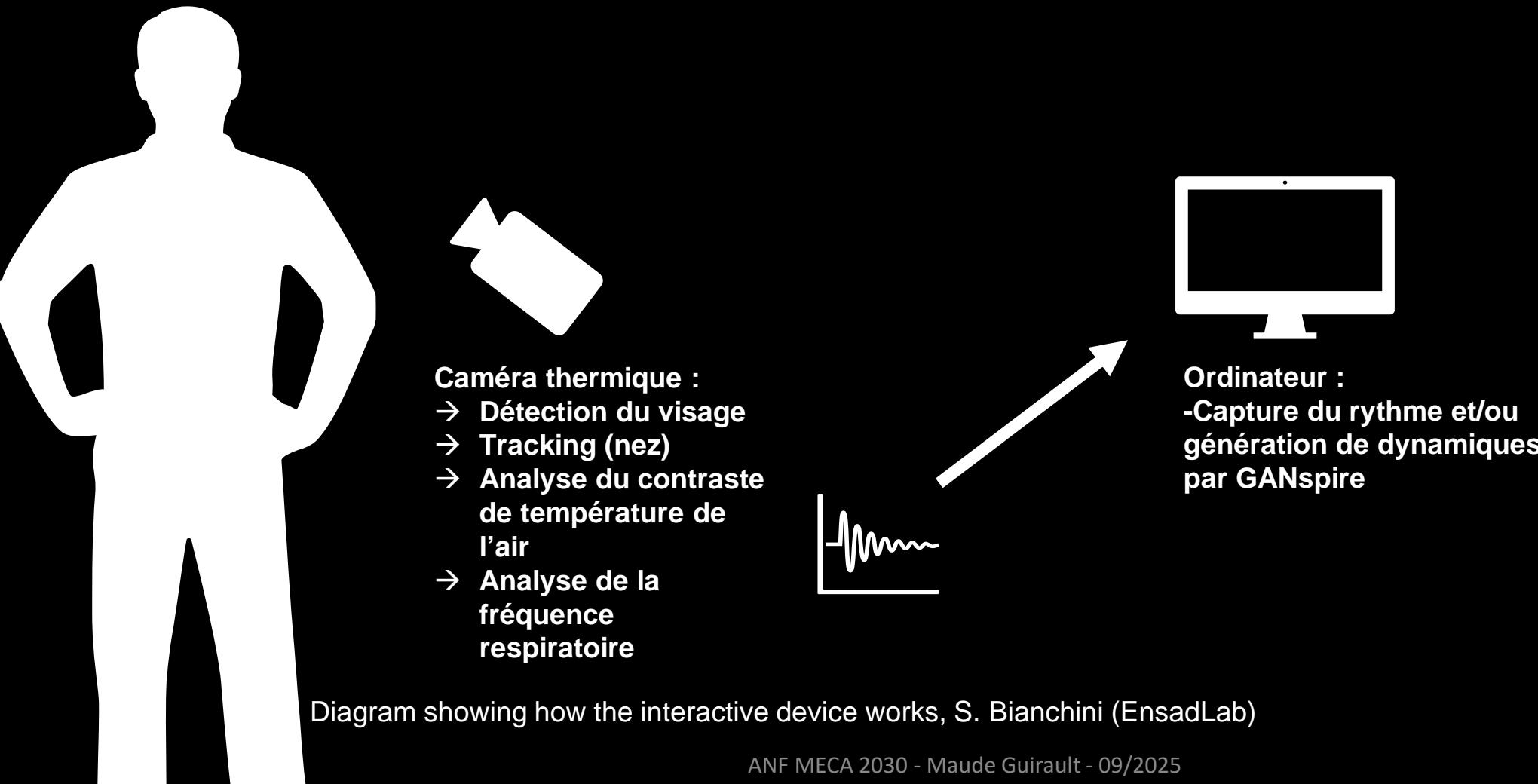
RÉESPIRATION, Interactive device



Thermal imagery capture device, Philippe Gauthier (ISIR, Paris)

RÉESPIRATION,

Interactive device



RÉESPIRATION, GANspire

Création et développement d'un modèle d'intelligence artificielle pour générer des dynamiques respiratoires

GANspire: Generating Breathing Waveforms for Art-Health Applications

Abstract

This paper introduces *GANspire*, a deep learning tool that generates expressive breathing waveforms for art and health applications. We describe our ongoing work and contributions, which include the development of a generative model of breathing pressure waveforms, the participatory design of an interface for creative exploration of breathing generation, and the artistic application of our tool to the creation of a soft breathing object.

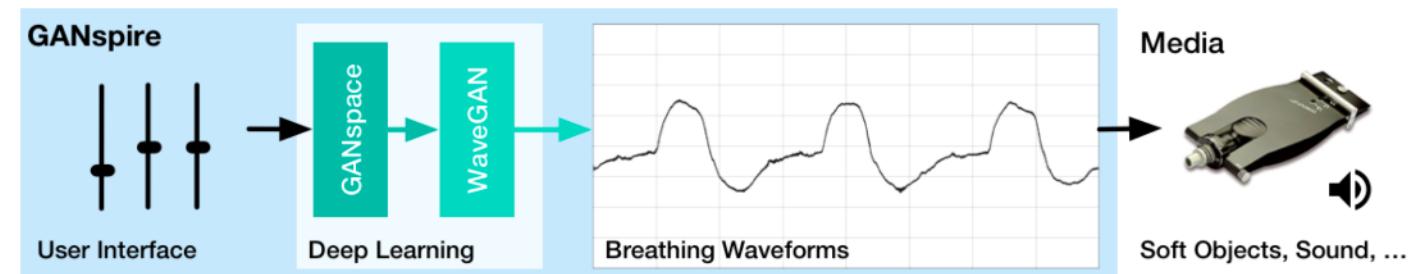
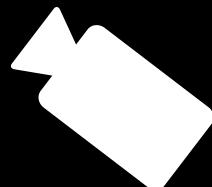
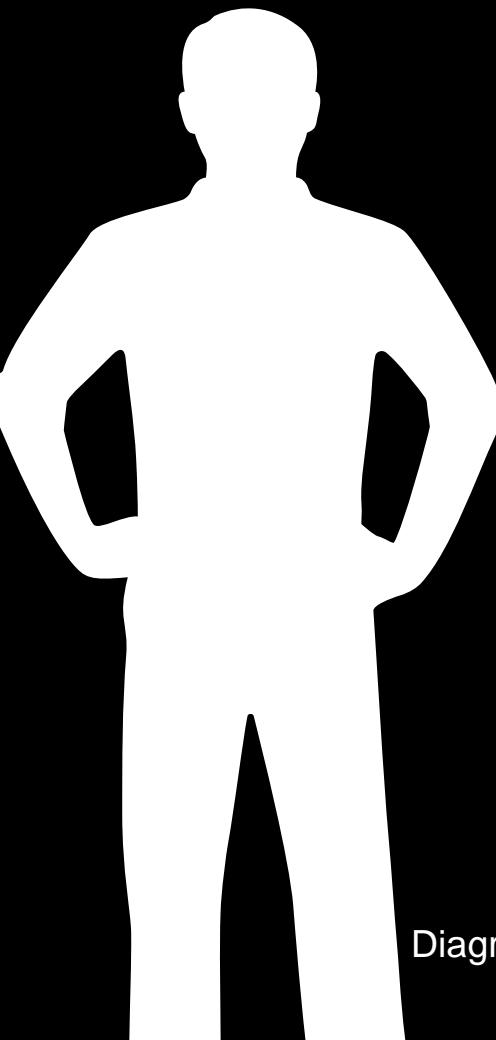


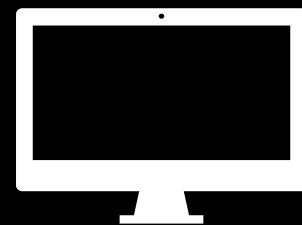
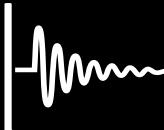
Figure 1: *GANspire* is a deep learning tool that generates expressive breathing waveforms to control temporal evolution of media, such as sound, image, or soft physical objects.

RÉESPIRATION,

Interactive device



Caméra thermique :
→ Détection du visage
→ Tracking (nez)
→ Analyse du contraste de température de l'air
→ Analyse de la fréquence respiratoire



Ordinateur :
- Capture du rythme et/ou génération de dynamiques par **GANspire**

- Contrôle du rythme du son, de la lumière et du système pneumatique

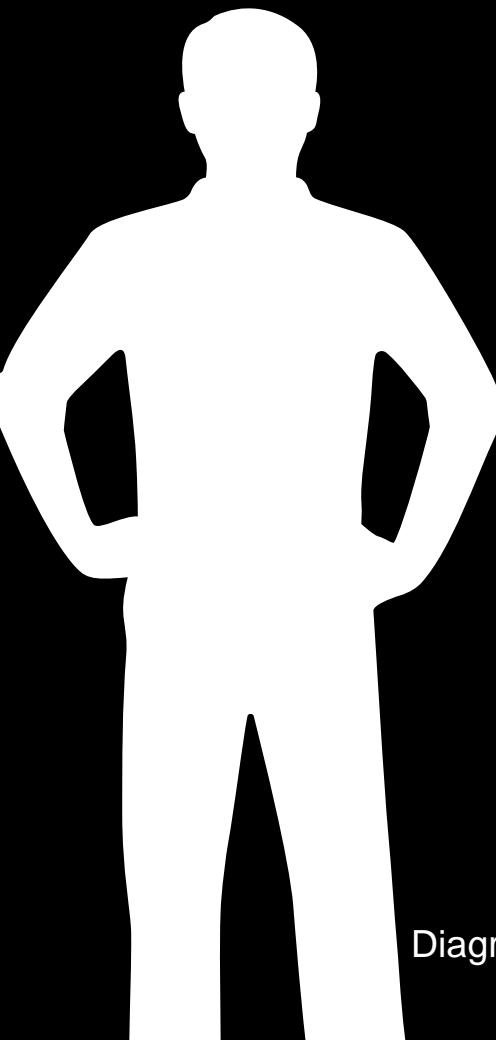


Sound design

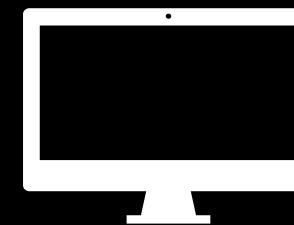
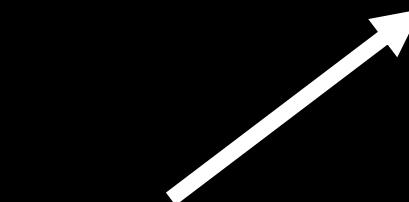
Diagram showing how the interactive device works, S. Bianchini (EnsadLab)

RÉESPIRATION,

Interactive device



- Caméra thermique :**
- Détection du visage
 - Tracking (nez)
 - Analyse du contraste de température de l'air
 - Analyse de la fréquence respiratoire



- Ordinateur :**
- Capture du rythme et/ou génération de dynamiques par **GANspire**
 - Contrôle du rythme du son, de la lumière et du système pneumatique



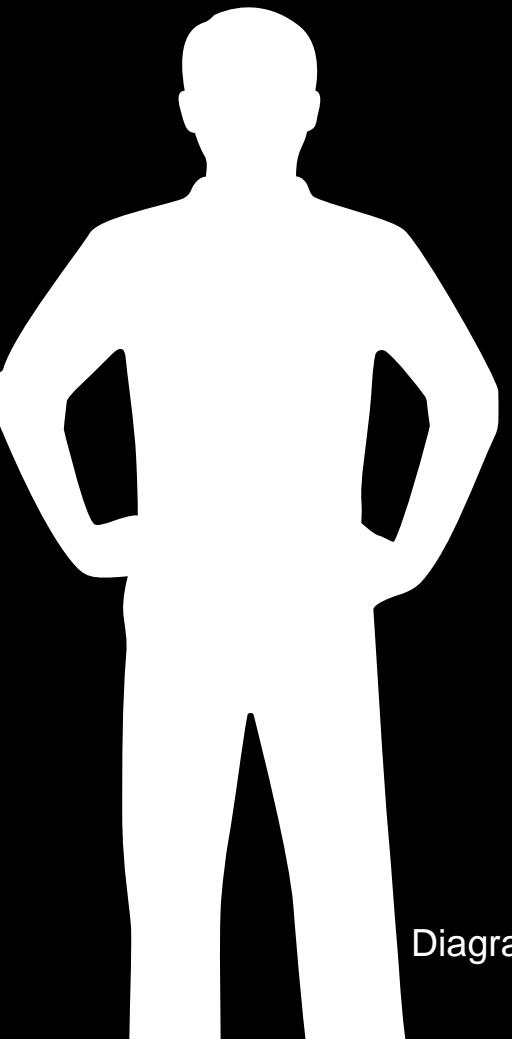
Sound design



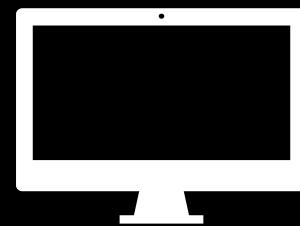
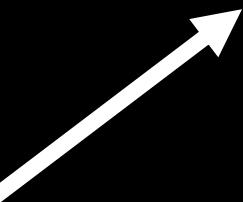
Light design

Diagram showing how the interactive device works, S. Bianchini (EnsadLab)

RÉESPIRATION, Interactive device

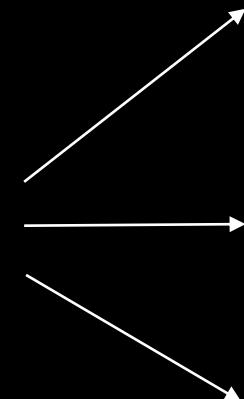


Caméra thermique :
→ Détection du visage
→ Tracking (nez)
→ Analyse du contraste de température de l'air
→ Analyse de la fréquence respiratoire



Ordinateur :
-Capture du rythme et/ou génération de dynamiques par **GANspire**

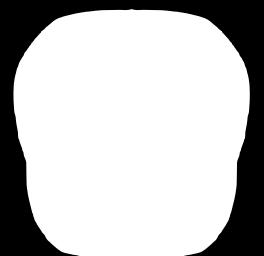
-Contrôle du rythme du son, de la lumière et du système pneumatique



Sound design



Light design



Robot dynamics

Diagram showing how the interactive device works, S. Bianchini (EnsadLab)

RÉESPIRATION,

Soft robot – silicone skins making

Respiration thoracique et/ou abdominale → deux formes gonflables indépendamment

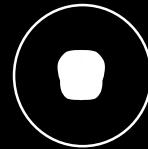


Molding of the silicones skins, P. Roux, M. Guirault (Femto-ST/S.MART)

Schéma montrant le rôle de catalyseur du robot souple dans le projet,
Maude Guirault (S.MART/EnsaLab),
2025



Sound design



Global design



Light design

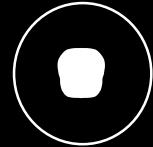


Textile design

Schéma montrant le rôle de catalyseur du robot souple dans le projet,
Maude Guirault (S.MART/EnsaLab),
2025



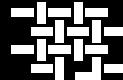
Sound design



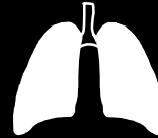
Global design



Light design



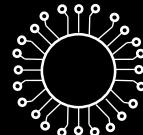
Textile design



Neurophysiology of
Respiratory System

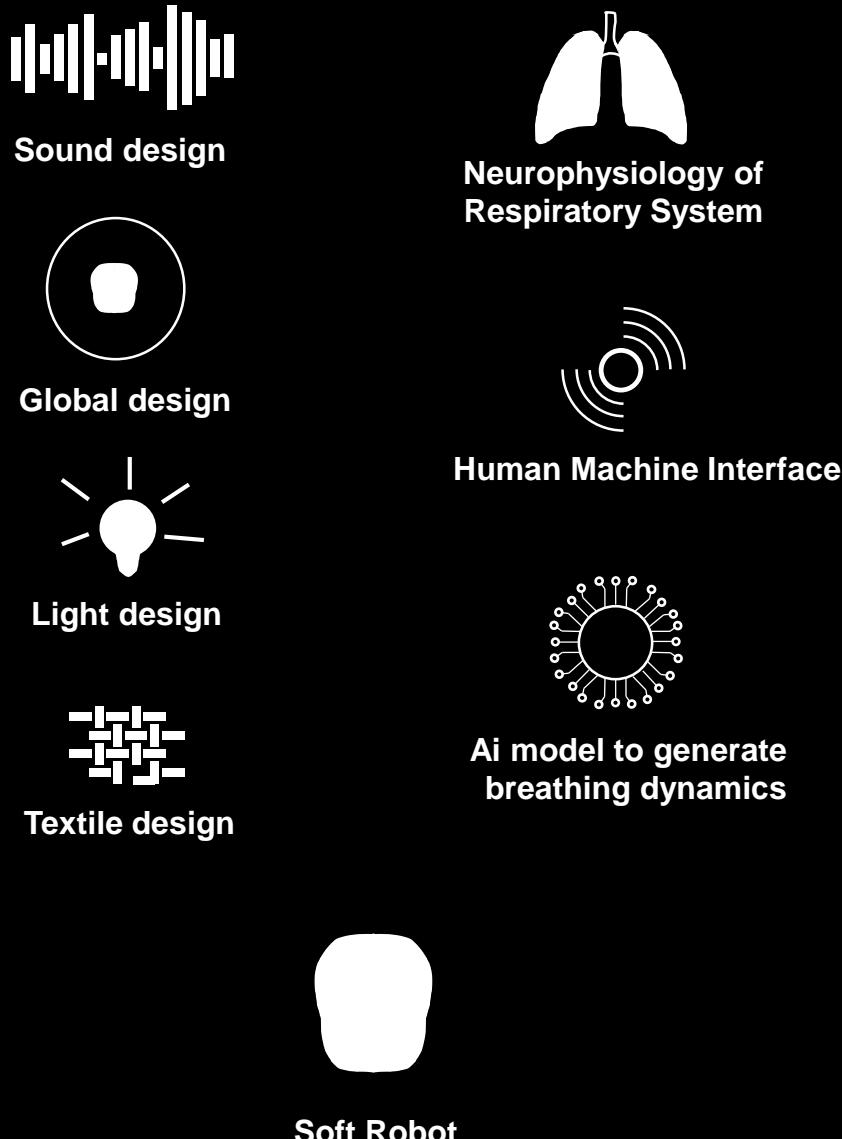


Human Machine Interface

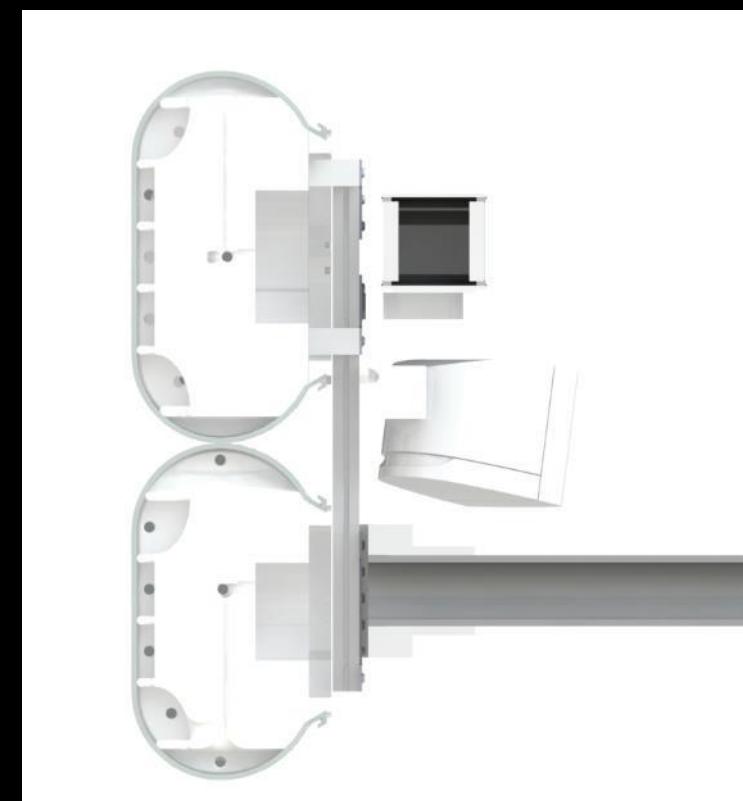
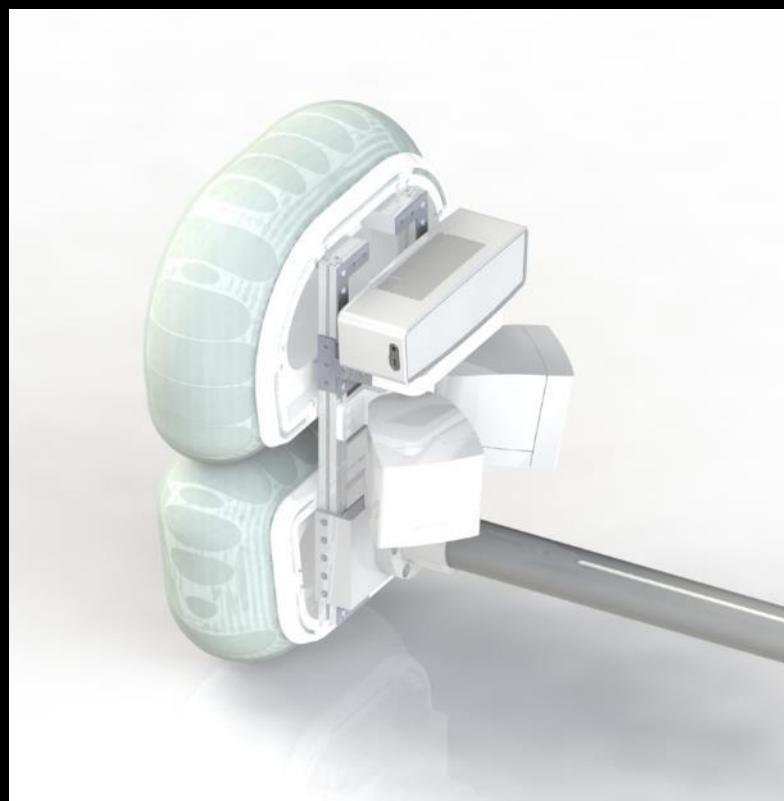


Ai model to generate
breathing dynamics

Schéma montrant le rôle du catalyseur du robot souple dans le projet,
Maude Guirault (S.MART/EnsaLab),
2025



RÉESPIRATION, Soft robot – mechanical aspects



3D model and images of the mechanical parts of the robots, P. Roux, M. Guirault (Femto-ST/S.MART)

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique
- 3 – Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

II – Weavology, programmer la matière tissée grâce au machine learning

- 1 – Armures de tissage, le pattern au cœur de l'algorythme
- 2 – Renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

III – RÉESPIRATION, une œuvre robotisée pour éveiller aux difficultés respiratoires et les apaiser

- 1 – Présentation générale du projet
- 2 – Du pattern à la broderie en volume : révéler les mouvements du robot souple

RÉESPIRATION

Du pattern à la broderie en volume : révéler les mouvements du robot souple



la Société des Nouveaux
commanditaires

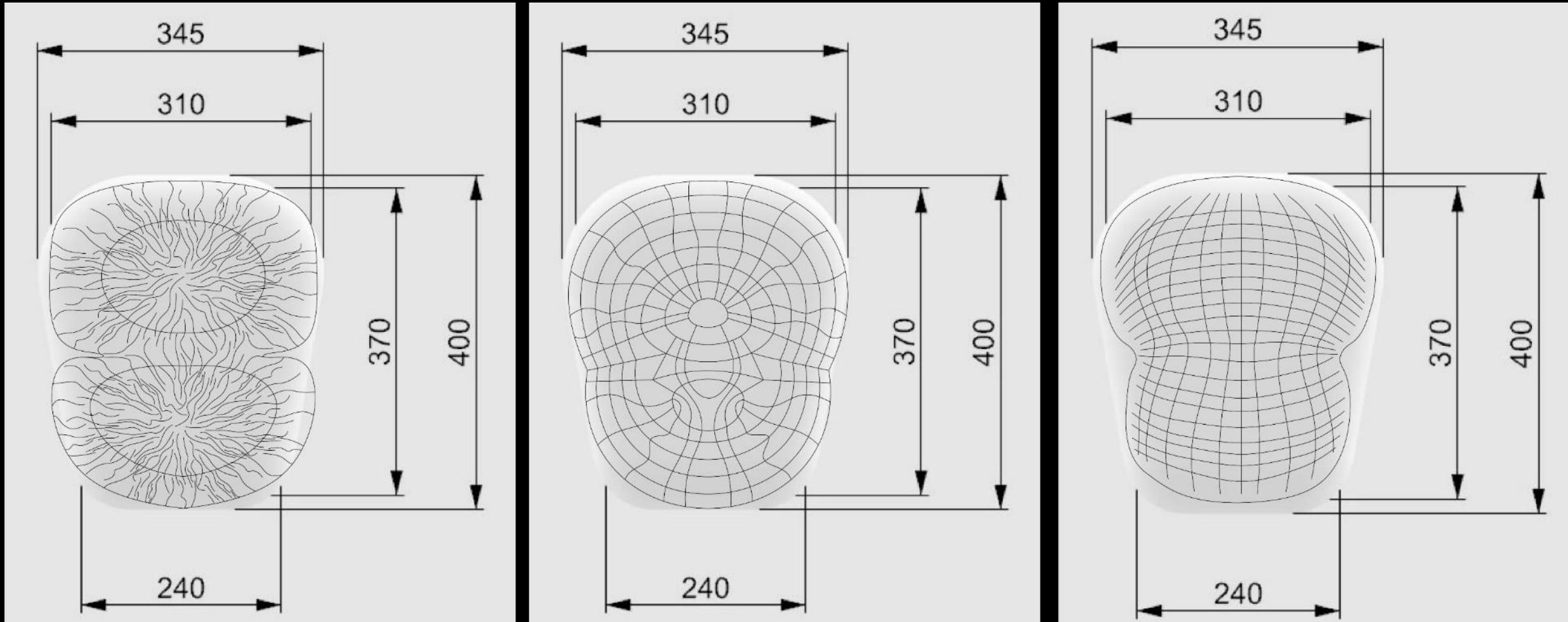
ATELIER MONTEX

3-ca
association artistique

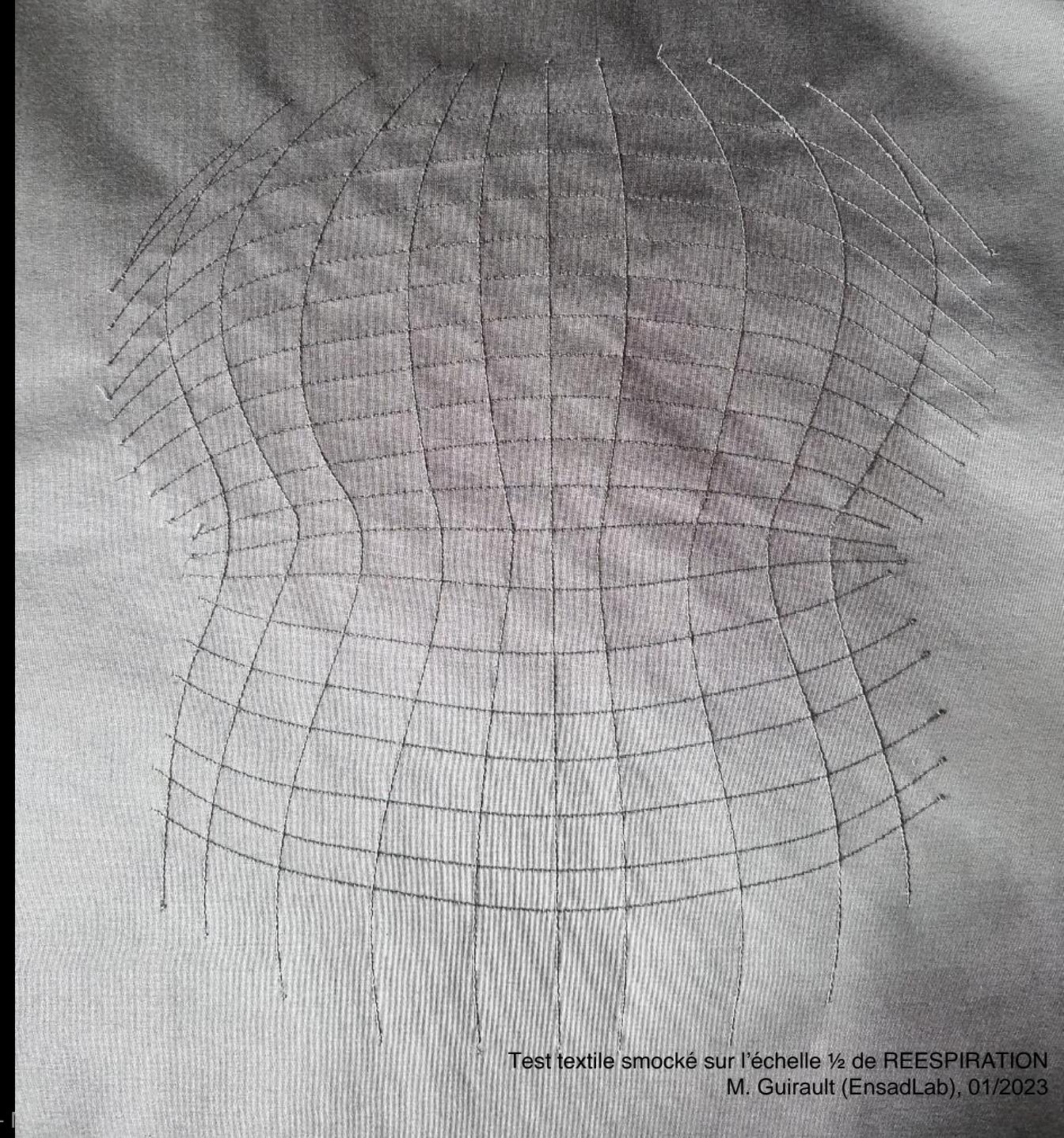
femto-st
SCIENCES TECHNOLOGIE
école des arts décoratifs
PSL★

RÉESPIRATION

Design textile



Form-finding pour la couture élastique du textile échelle 1/2 de REESPIRATION
M. Guirault (EnsadLab), 01/2023



Test textile smocké sur l'échelle 1/2 de REESPIRATION
M. Guirault (EnsaLab), 01/2023



ANF MECA 2030 - Maude Guirault - 09/2025

RÉESPIRATION

Design textile

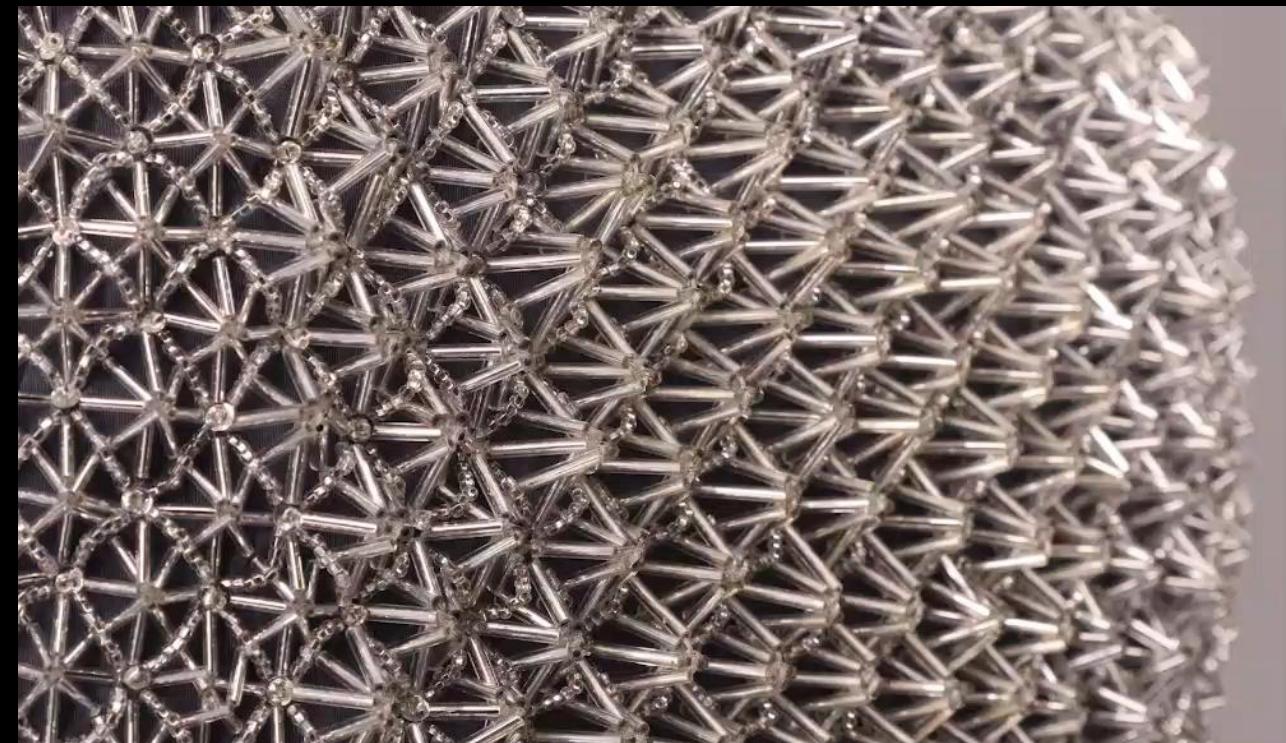
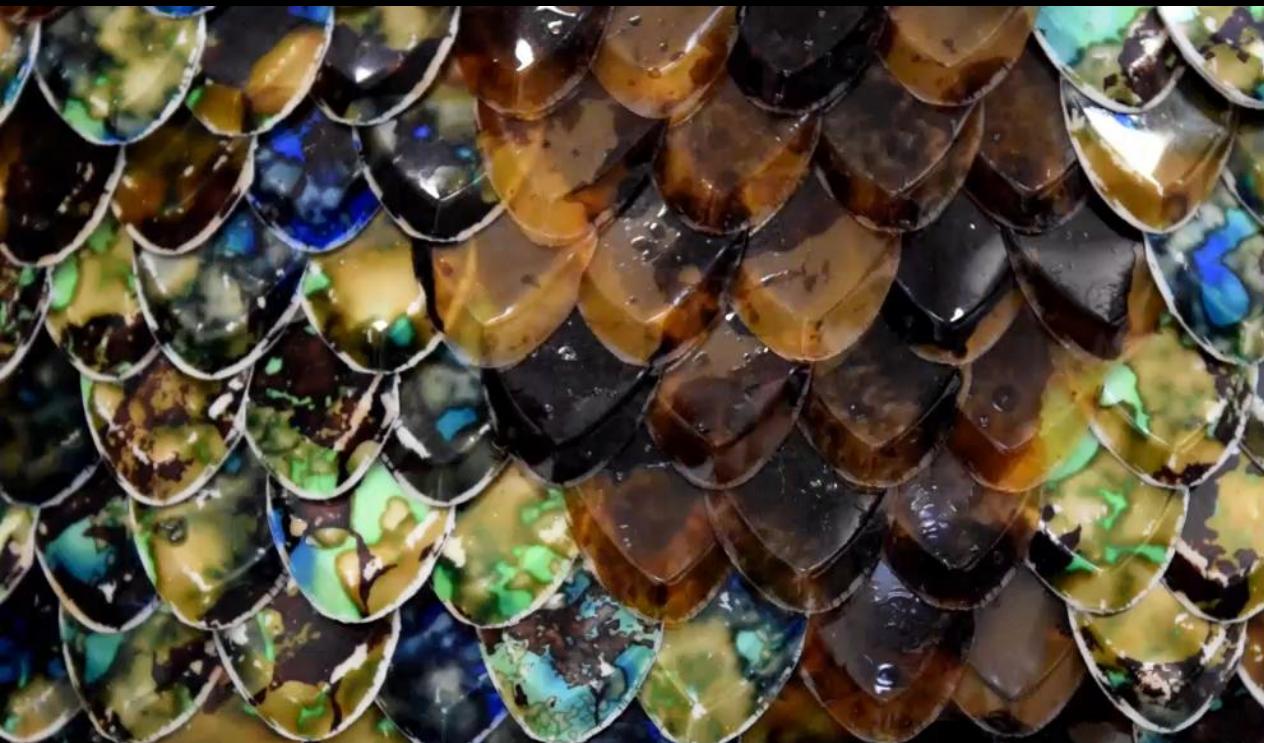


Images of the 3 embroidered textile pieces
textile design: M. Guirault (EnsadLab) in
collaboration with A. Yamashita (Atelier Montex),
embroidery realisation: Atelier Montex

RÉESPIRATION

Design textile

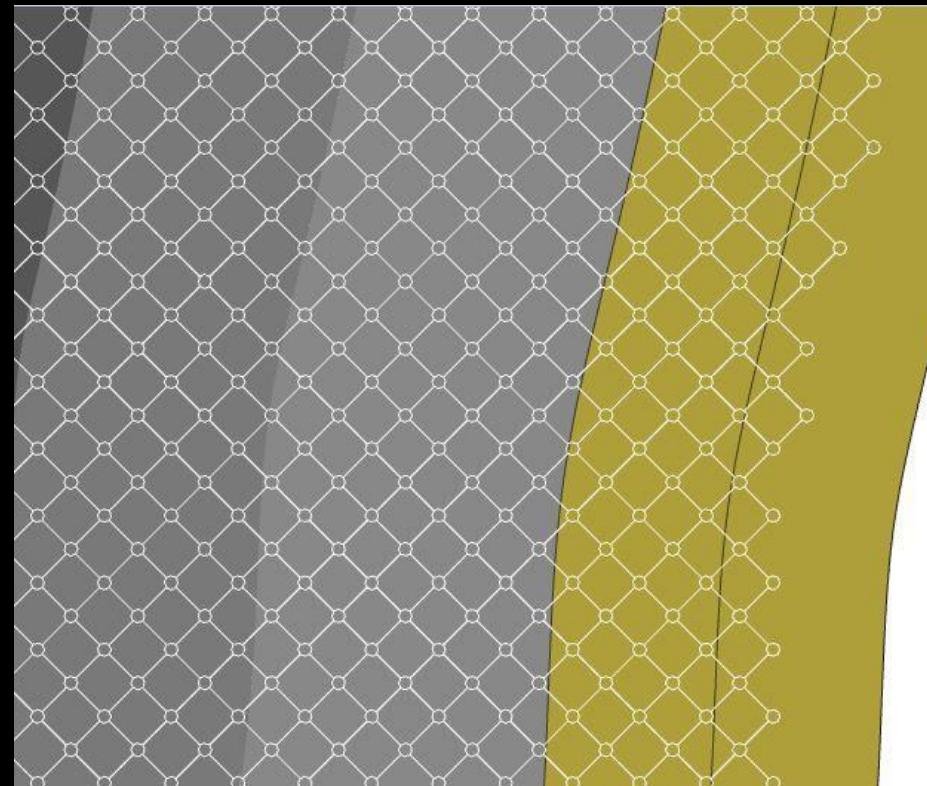
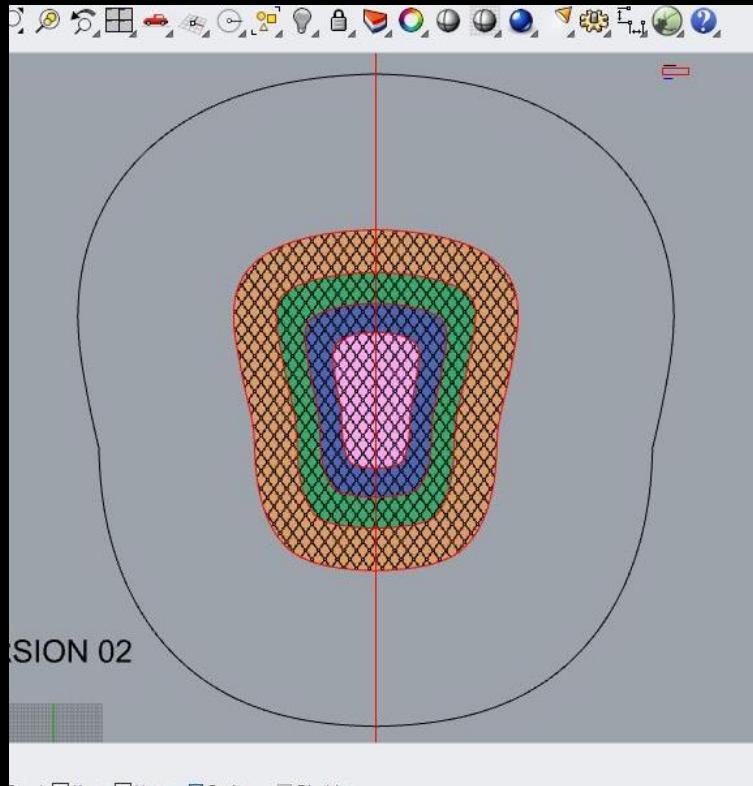
Des habillages textiles pour révéler le mouvement du robot souple



RÉESPIRATION

Du pattern à la broderie en volume : révéler les mouvements du robot souple

Broderie de tubes de verre : dessin 2D pour un résultat en volume

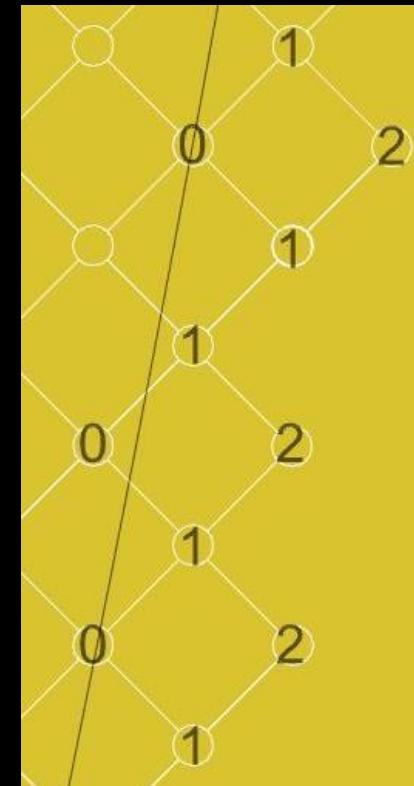
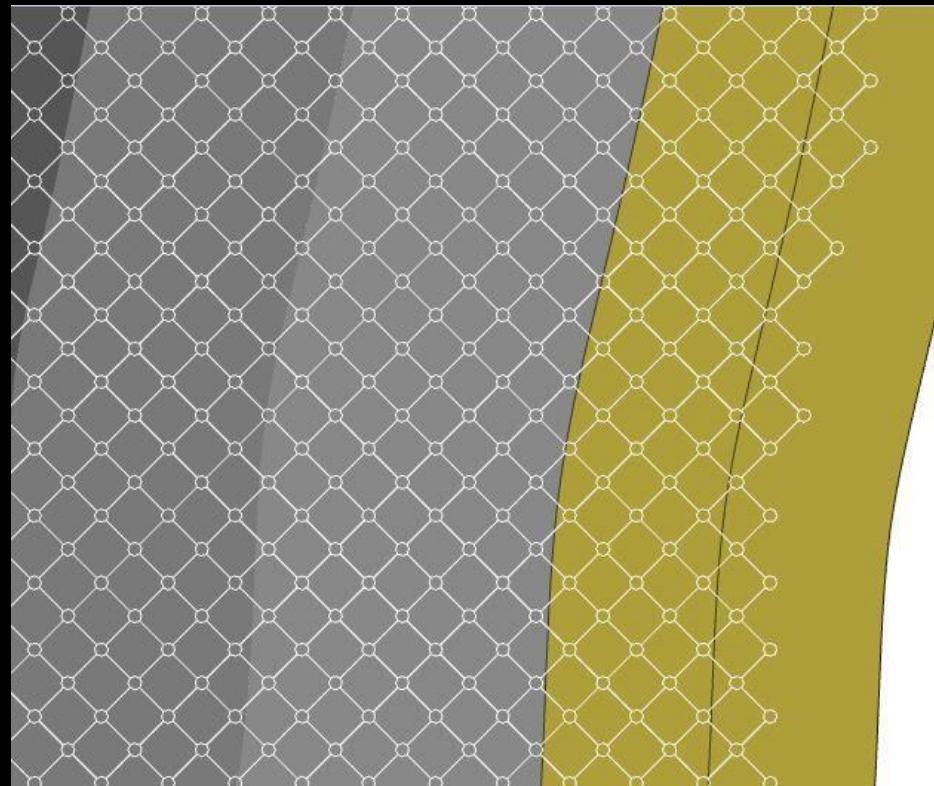
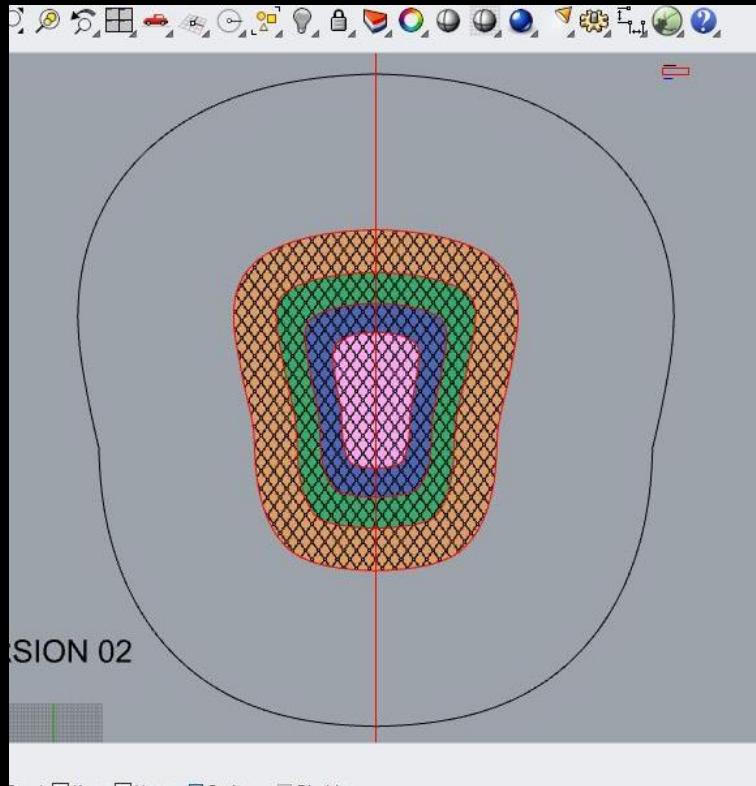


Etape de conception de dessin de broderie n°03 pour REESPIRATION, M.Guirault (EnsadLab / S.MART), l'Atelier Montex et A. Yamashita, 2024

RÉESPIRATION

Du pattern à la broderie en volume : révéler les mouvements du robot souple

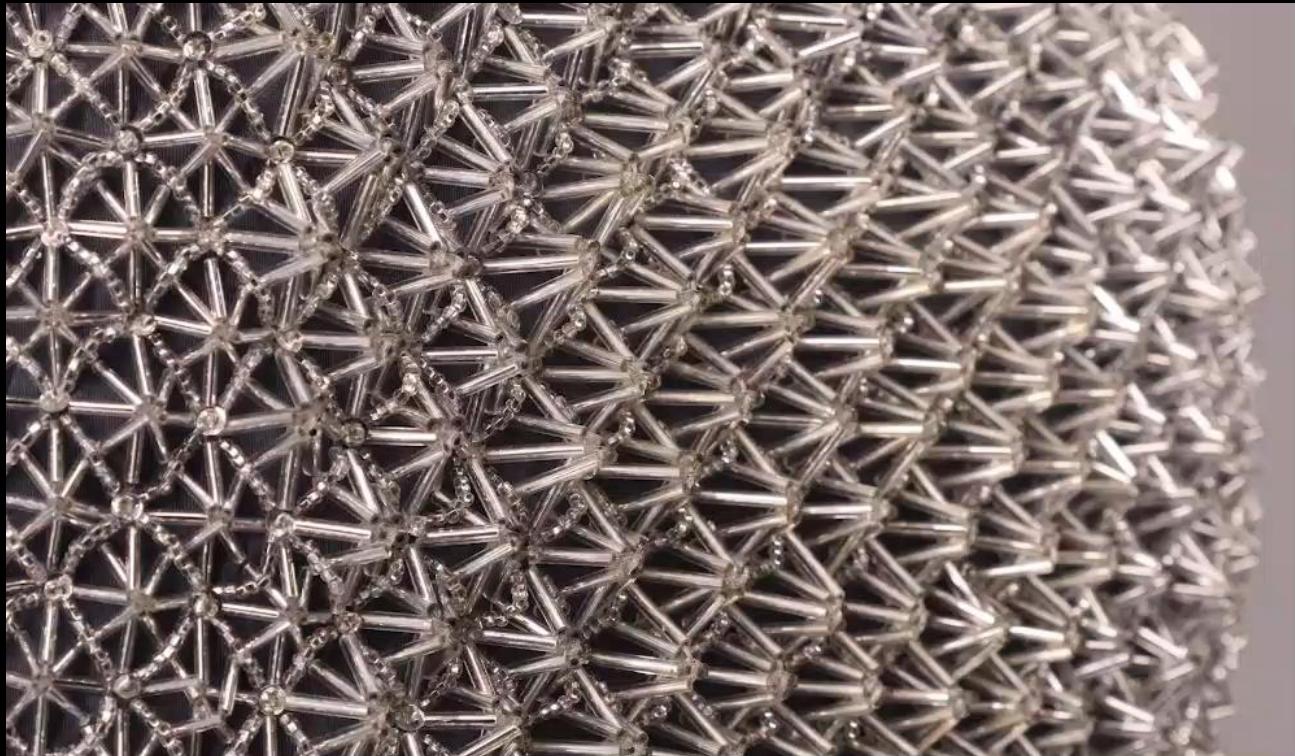
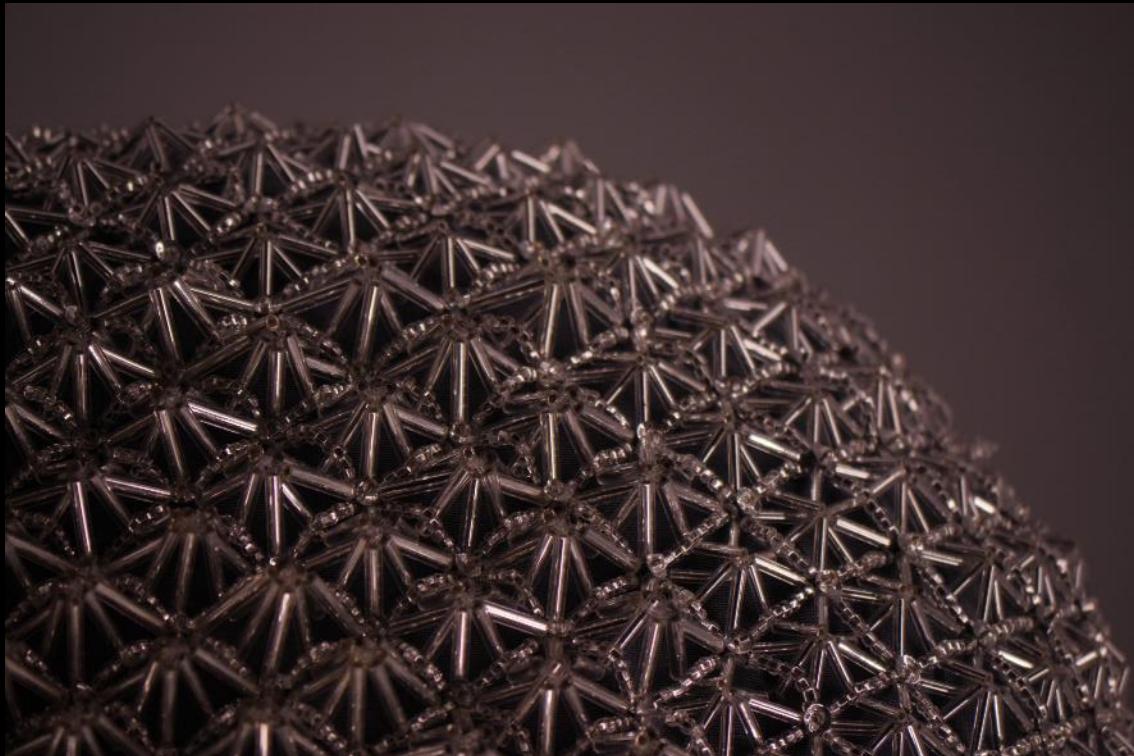
Broderie de tubes de verre : dessin 2D pour un résultat en volume



Etape de conception de dessin de broderie n°03 pour REESPIRATION, M.Guirault (EnsadLab / S.MART), l'Atelier Montex et A. Yamashita, 2024

RÉESPIRATION

Du pattern à la broderie en volume : révéler les mouvements du robot souple



Utilisation de trois tailles de tubes de verre pour amplifier les mouvements du robot souple, Broderie n°03 de REESPIRATION, M.Guirault (EnsadLab/S.MART), Atelier Montex et A. Yamashita, 2024

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique
- 3 – Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

II – Weaveology, programmer la matière tissée grâce au machine learning

- 1 – Armures de tissage, le pattern au cœur de l'algorythme
- 2 – Renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

III – RÉSPIRATION, une œuvre robotisée pour éveiller aux difficultés respiratoires et les apaiser

- 1 – Présentation générale du projet

IV – Super, et alors ?

Matériaux auxétiques et conception paramétrique :

Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

I – Introduction rapide

- 1 – Patterns et matériaux auxétiques
- 2 – Grasshopper, un outil de design paramétrique
- 3 – Programmer la matière : matériaux auxétiques et conception paramétrique

II – Weaveology, programmer la matière tissée grâce au machine learning

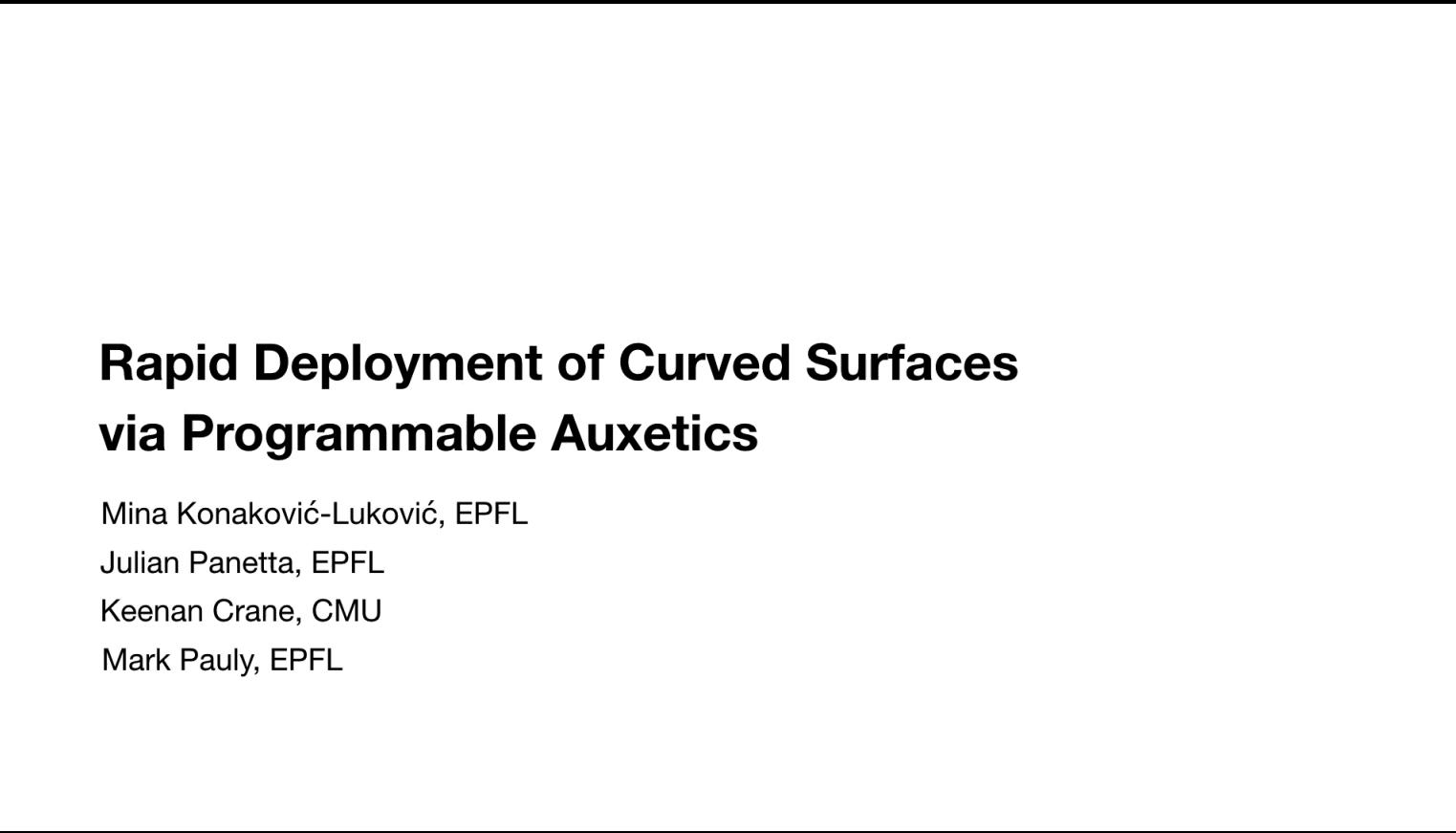
- 1 – Armures de tissage, le pattern au cœur de l'algorythme
- 2 – Renouveler la pratique du tissage grâce au design paramétrique

III – RÉSPIRATION, une œuvre robotisée pour éveiller aux difficultés respiratoires et les apaiser

- 1 – Présentation générale du projet

IV – Super, et alors ?

Super, et alors ?



Rapid Deployment of Curved Surfaces via Programmable Auxetics

Mina Konaković-Luković, EPFL

Julian Panetta, EPFL

Keenan Crane, CMU

Mark Pauly, EPFL

Mina Konaković-Luković, Julian Panetta, Keenan Crane, and Mark Pauly. 2018.
Rapid deployment of curved surfaces via programmable auxetics. ACM Trans.
Graph. 37, 4, Article 106 (August 2018), 13 pages.
<https://doi.org/10.1145/3197517.3201373>

Super, et alors ?

Cela me conduit à questionner les liens entre robotique souple et broderie

À travers un doctorat CIFRE, en design et basé sur la pratique

Matériaux auxétiques et conception paramétrique : Définir les caractéristiques mécaniques grâce au pattern

Ecole Technologique – La mécanique en 2030

ANF MECA 2030 – 29 septembre 2025 – Port Barcarès

Maude Guirault – maude.guirault@femto-st.fr



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
D'ART ET
DE DESIGN
LE MANS



UNIVERSITÉ
MARIE & LOUIS
PASTEUR

