



CONCEPTION INNOVANTE DES FAÇADES POUR UNE VILLE DURABLE

Pho'Liage : Façades adaptatives et thermorégulées
S'inspirer de la nature pour concevoir des façades intelligentes

15 mars 2024

Kévin GUIDOUX
ArtBuild Architectes

ARTBUILD



OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Comprendre comment le biomimétisme peut avoir une influence sur le milieu de la construction
- Comprendre comment créer de l'ombre sans énergie, tout en maximisant l'apport de lumière naturelle
- Comprendre comment appliquer des principes théoriques à la réalité du secteur de la construction
- Montrer le processus évolutif et itératif de la conception architecturale par la recherche
- Résoudre les contraintes techniques jusqu'à la réalisation d'un prototype en conditions réelles



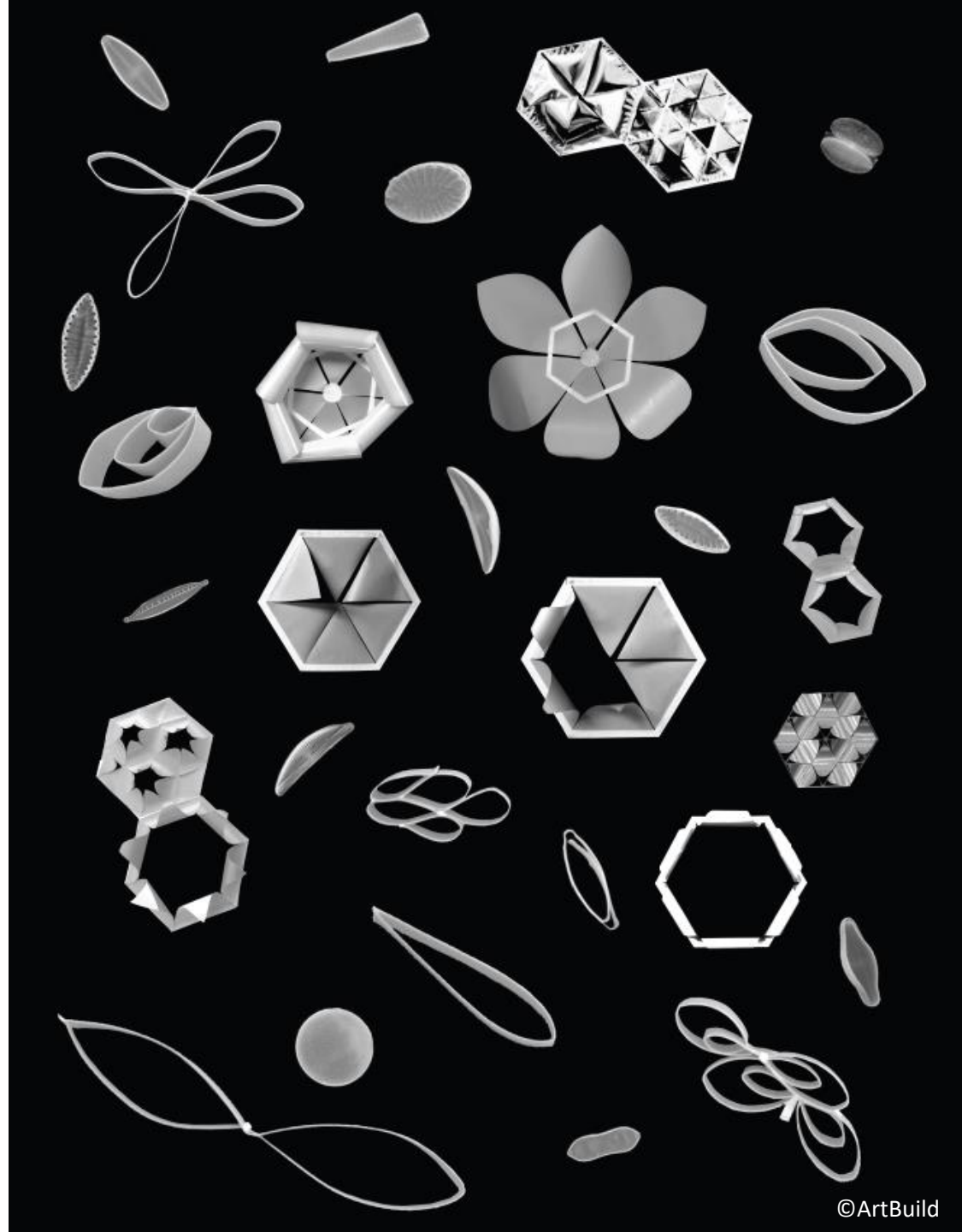
PLAN DE L'EXPOSÉ

- I. Du mouvement biologique des plantes à un système d'ombrage adaptatif
- II. Transfert technologique: « Form Finding » et objectifs architecturaux
- III. Pho'Liage I : Bilame
- IV. Pho'Liage II : Pli cintré

ARTBUILD

BRUSSELS | PARIS | LUXEMBOURG

SÉMINAIRE BÂTIMENT DURABLE – PHO'LIAGE



BIOMIMÉTISME

« philosophie et approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable (social, environnemental et économique) »

BIOSOURCÉ

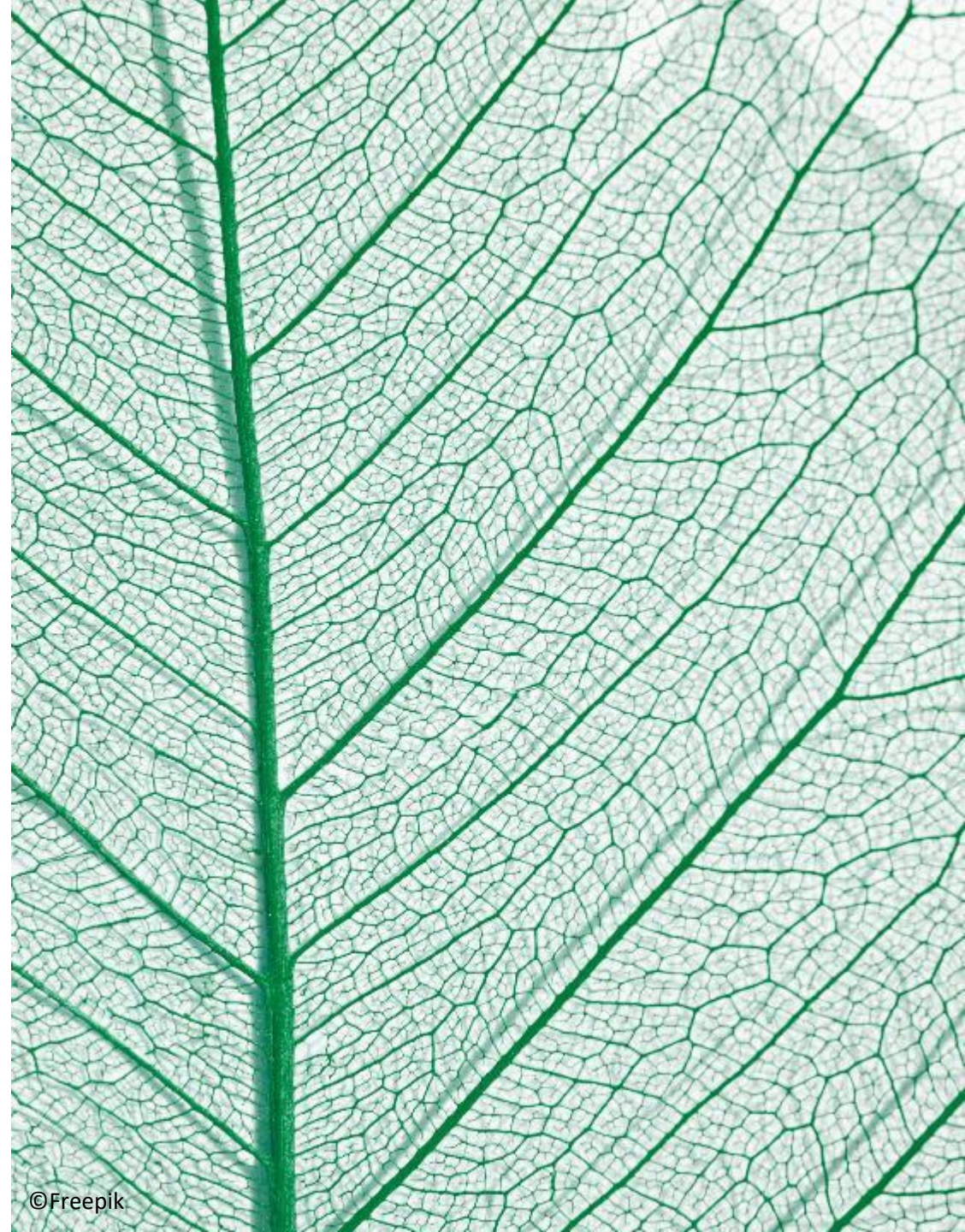
« bâtiment biosourcé », « matériau biosourcé, qui sont issus de la biomasse animale ou végétale »

BIODIVERSITÉ

« désigne l'ensemble des êtres vivants ainsi que les écosystèmes dans lesquels ils vivent. Ce terme comprend également les interactions des espèces entre elles et avec leurs milieux »

BIOÉCONOMIE

S'inspire des cycles naturels comme la photosynthèse, la production et la mobilisation de biomasse pour une valorisation optimale.



I. DU MOUVEMENT BIOLOGIQUE À UN SYSTÈME D'OMBRAGE ADAPTATIF

La plupart des bâtiments sont incapables de réguler leur métabolisme

... leurs émissions de carbone et leur énergie de manière naturelle, en fonction des conditions météorologiques et environnementales internes et externes.

Les bâtiments sont équipés de sondes, de capteurs, de stations météo

... pour percevoir leur environnement et déclencher des réponses de manière indirectes, pilotées par des programmes et des mécanismes.

Les façades sont vouées à jouer un rôle essentiel en tant qu'interface

... dans l'évolution du secteur du bâtiment vers le zéro-carbone, parce qu'elles sont positionnées entre le dedans et le dehors.

Le développement de façades biomimétiques autonomes et passives

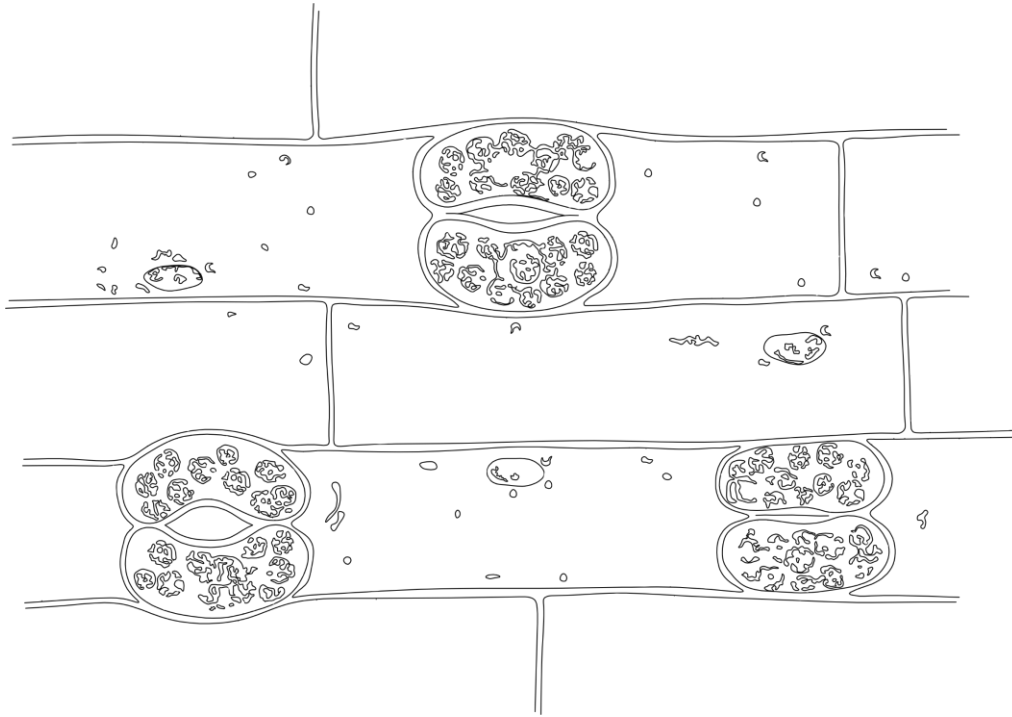
... est l'axe le plus pertinent pour une architecture écoresponsable, à la croisée du vivant et de l'Ingénierie, tout en s'inspirant des formes, des propriétés, et des fonctions du vivant.



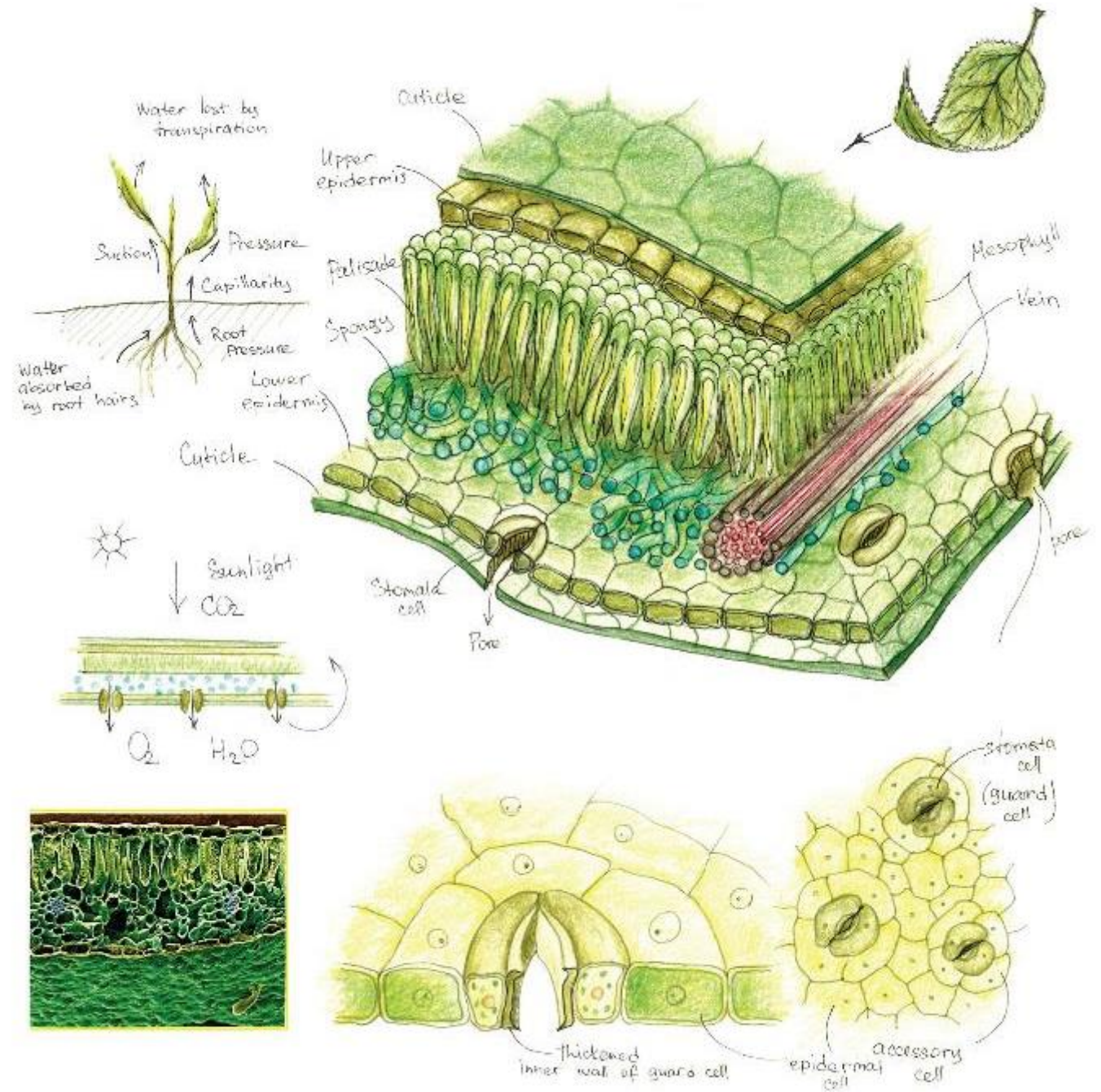
INTERFACE(S) CHEZ LES VÉGÉTAUX

Les stomates dans l'épiderme des feuilles

permettent les échanges gazeux et sont capitaux pour la photosynthèse et l'évapotranspiration.



Détail d'une stomate dans la couche épidermique



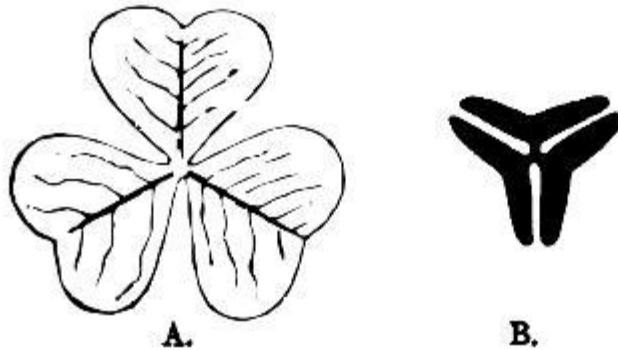
Mécanisme endogène par stimulation environnementale

(Mouvement produit par un mécanisme interne en réponse à des factures environnementaux extérieurs.)

... produisant des mouvements autocentrés et réversibles.

(Le sujet s'ouvre, indépendamment de sa position dans l'espace par rapport à l'origine du stimuli, et avec une élasticité importante permettant un grand nombre de répétitions.)

Fig. 127.



Oxalis acetosella: A, leaf seen from vertically above; B, diagram of leaf asleep, also seen from vertically above.

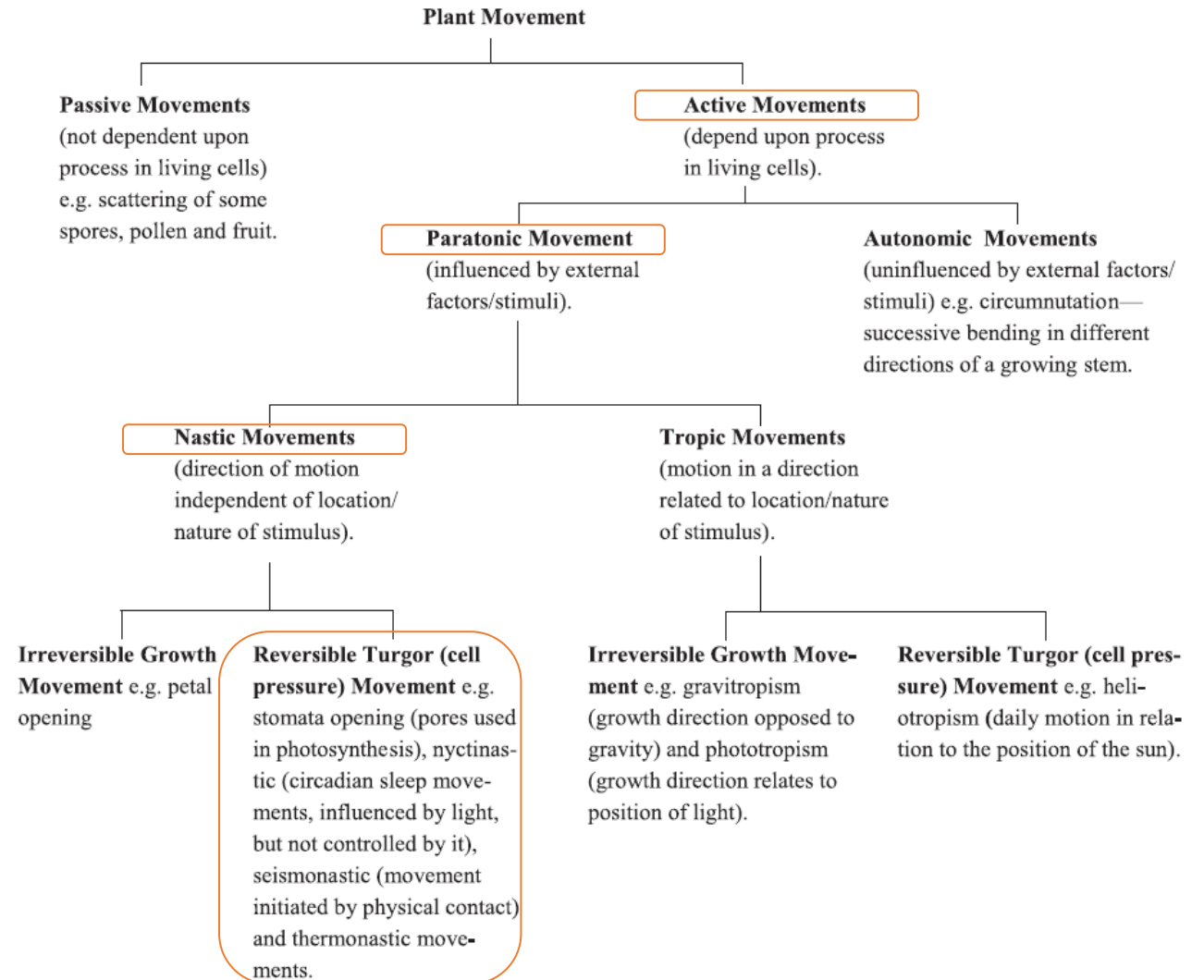


Figure 1. Overview of plant movement.

II. TRANSFERT TECHNOLOGIQUE : « FORM FINDING » ET OBJECTIFS ARCHITECTURAUX

ACTION SUR LA FAÇADE

PROTECTION SOLAIRE

OU/ET

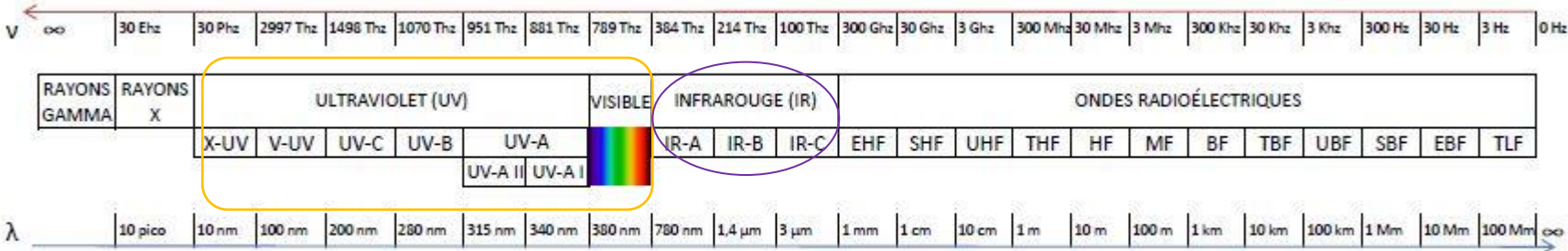
PROTECTION THERMIQUE

Protéger la façade comme un brise-soleil et diminuer le coût d'un système BSO

Protéger la façade contre le réchauffement et minimiser les besoins en climatisation intérieure

Elément de la façade qui réagit à certains diapasons de longueurs et fréquences d'ondes électromagnétiques du rayonnement solaire

Elément de la façade qui réagit à certains diapasons de longueurs et fréquences d'ondes électromagnétiques du rayonnement solaire et certaines températures



THÉORIE, DOMAINES DU SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Fonctionne l'hiver et l'été mais uniquement pendant les heures ensoleillées

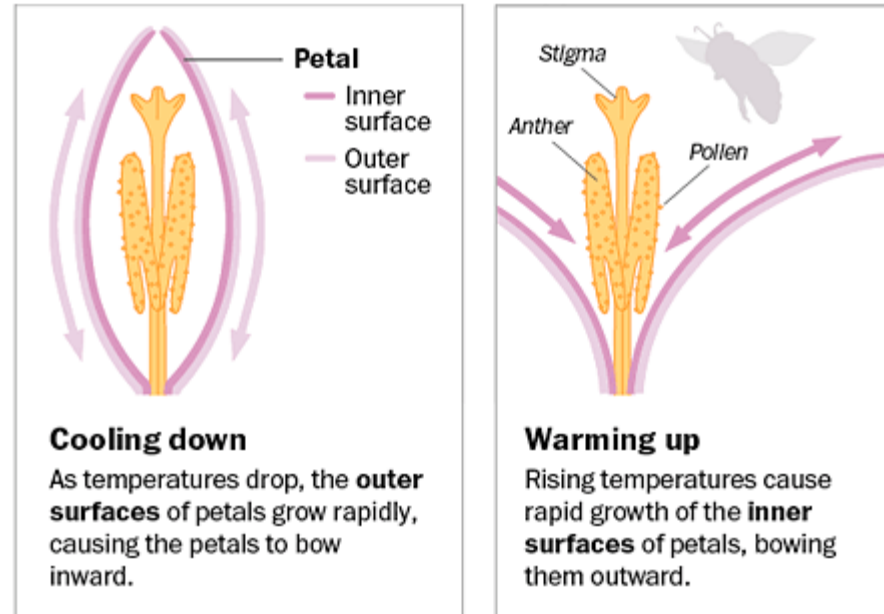
Fonctionne uniquement en cas de température élevée, donc pas l'hiver, et même en absence de soleil directe

THERMONASTIE

Certaines plantes réagissent à la chaleur.

Le terme **nastie**, du grec *nastos*, désigne le mouvement de certains organes d'un végétal subordonné à un stimulus extérieur. Une nastie n'est pas orientée en fonction du point de stimulation mais est déterminée par la structure de l'organe.

Chez les plantes, la **thermonastie** est un type de nastie qui répond aux variations quotidiennes de température. Il correspond souvent à l'ouverture ou la fermeture de la corolle (la partie de la fleur formée par l'ensemble de ses pétales, par opposition au calice constitué par les sépales.)



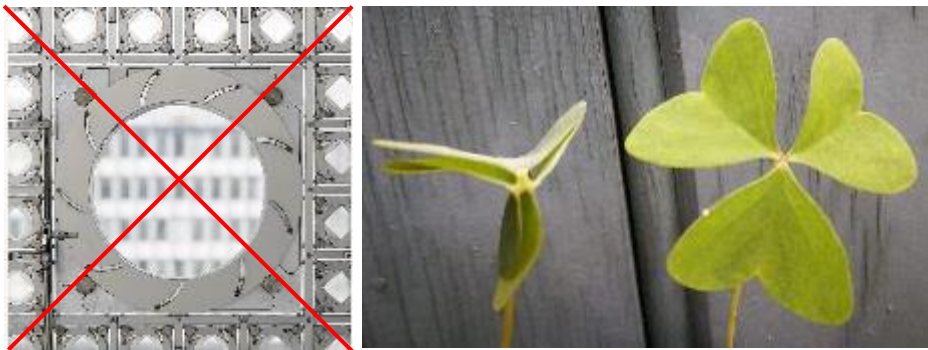
©Washingtonpost

OXALIS



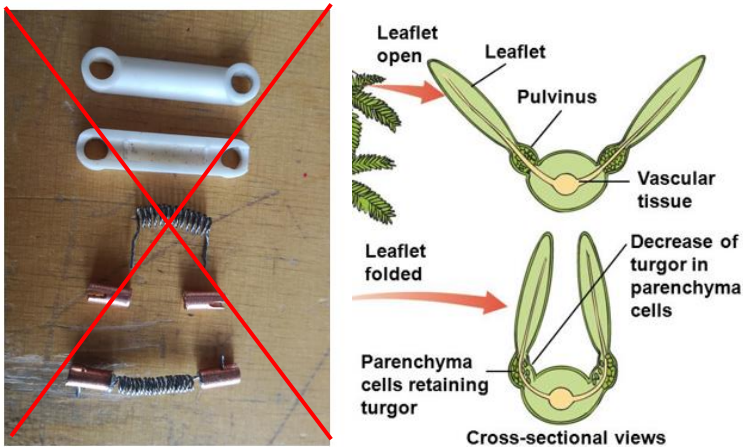
Forme

Elément indépendant, simple, sans cadre, simple en assemblage, facile pour production en série



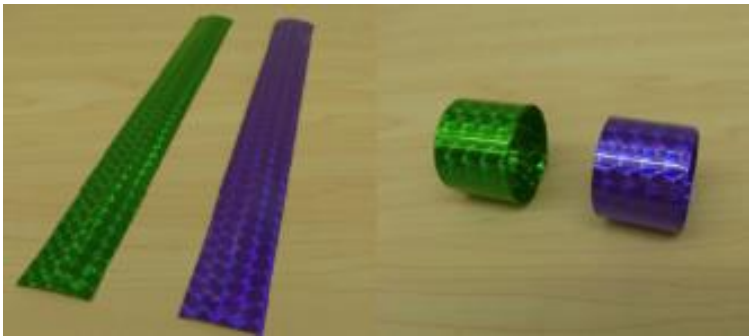
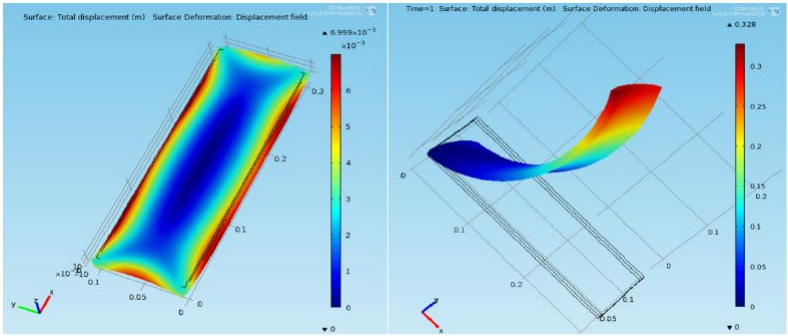
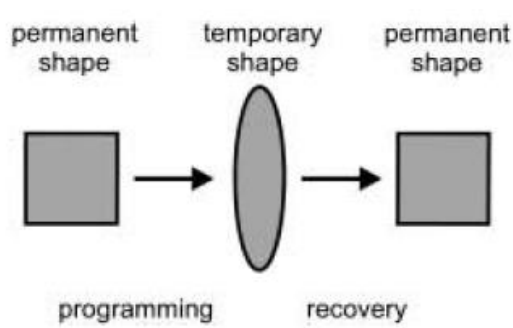
Fonctionnement

Sans appli électrique ni motorisé de préférence, uniquement les propriétés du matériau et loi de la nature



Matériau

Sans appli électrique ni motorisé de préférence, uniquement les propriétés du matériau et loi de la nature



Un alliage métallique thermo-réactif

Le bilame est constitué de deux lames de métaux ou d'alliages différents, souples, soudés ou collés l'un contre l'autre, dans le sens de la longueur.

Ces deux plaques de métal soudées par laminage à froid, sont très souvent de l'invar et du nickel ayant un coefficient de dilatation différent. Leur dilatation étant différente, l'objet se déforme avec les variations de température.

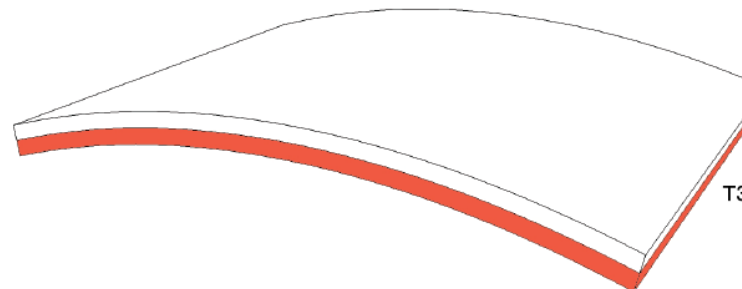
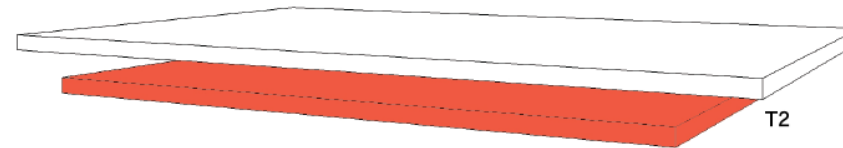
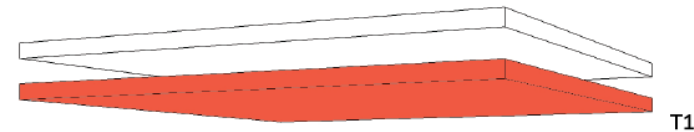


Application : Interrupteurs, thermostats, électroménagers

T1 : Ils ont la même longueur à la température.

T2 : En chauffe, leur longueur change en fonction de leurs propriétés d'extensions.

T3 : Le bilame thermostatique aura tendance à éviter cet effet dynamique en se courbant.

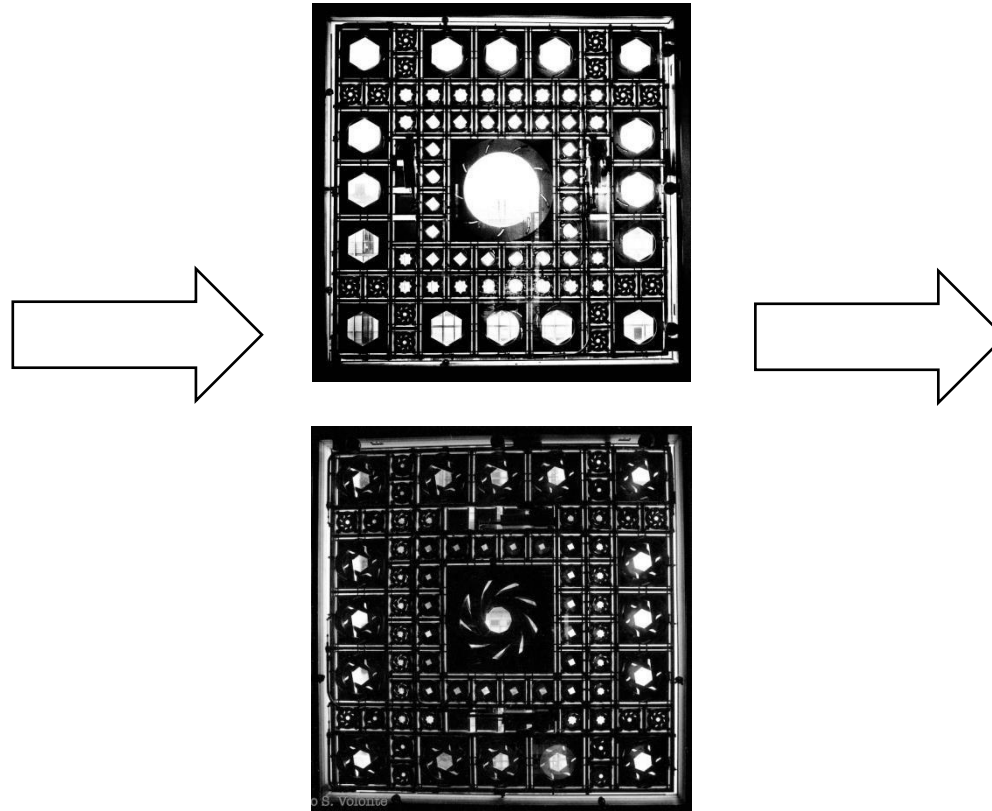


QUELLE PROTECTION SOLAIRE ?

Brise-soleils fixes

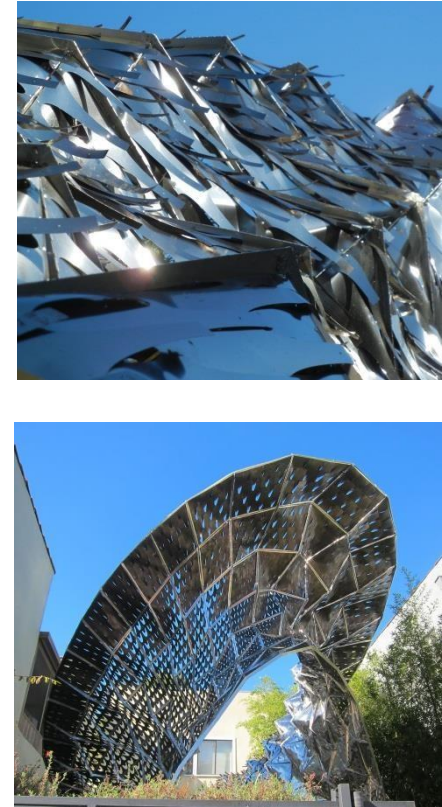


Déformation motorisée



Institut du Monde Arabe,
J.Nouvel

Déformation passive



Bloom,
Doris Sung

Journée type en hiver : le 12^{ème} jour

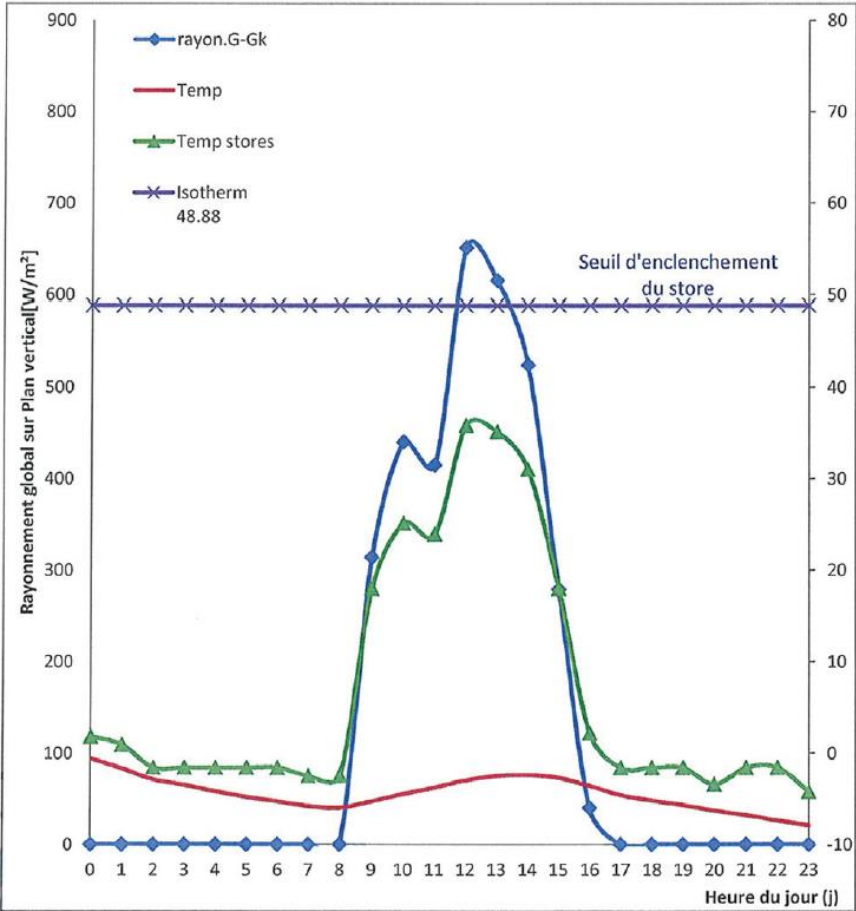


Figure 7 Montée en température du film en fonction des conditions extérieures

Journée type en été : le 236^{ème} jour

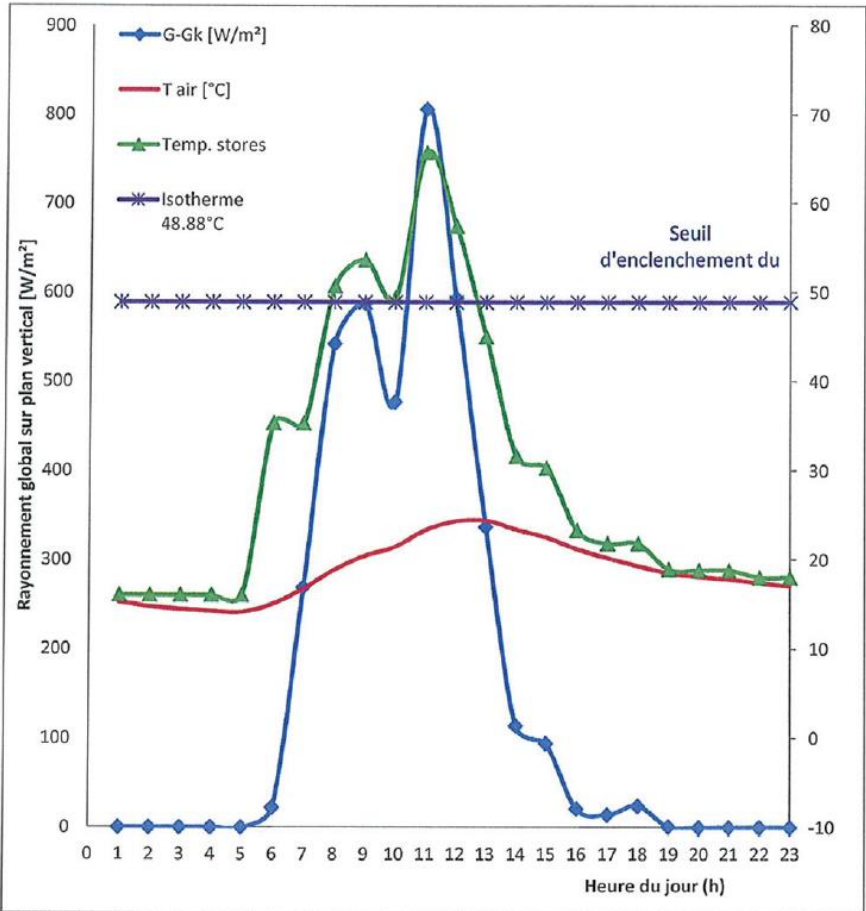


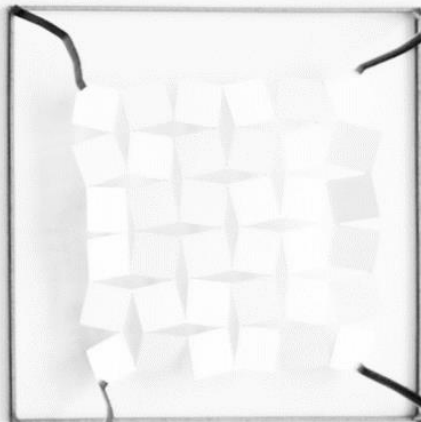
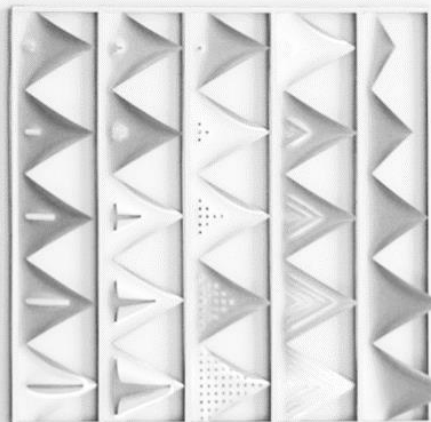
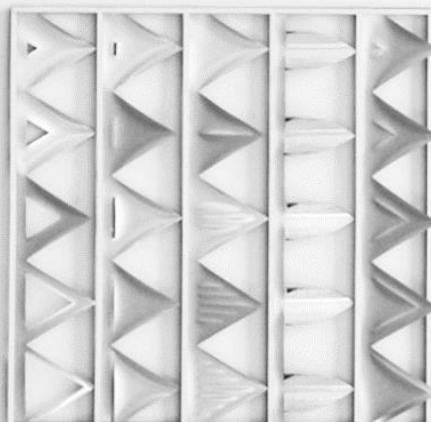
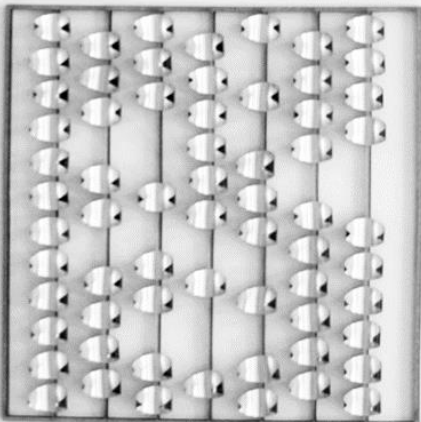
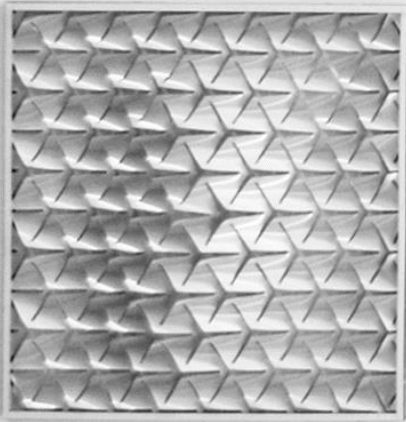
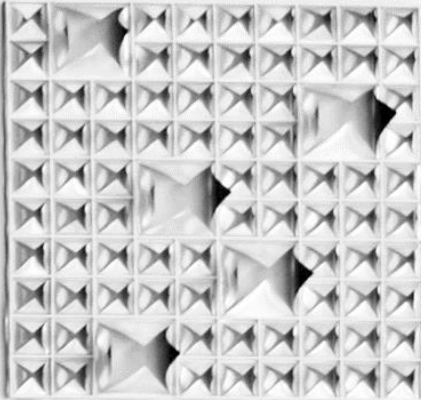
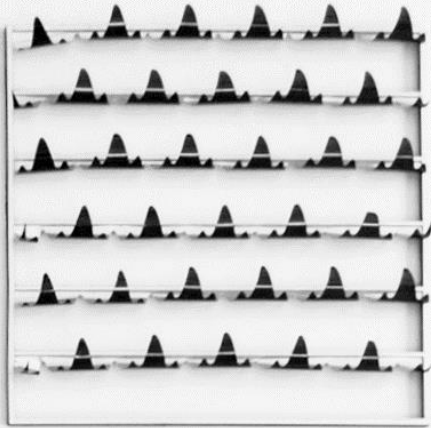
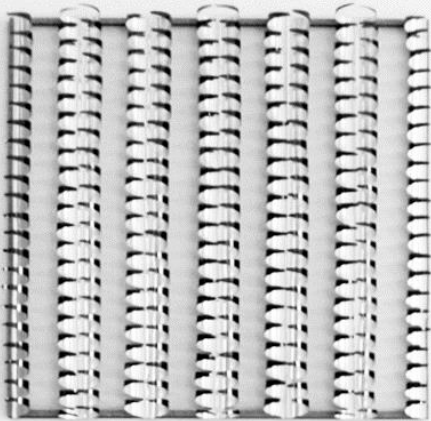
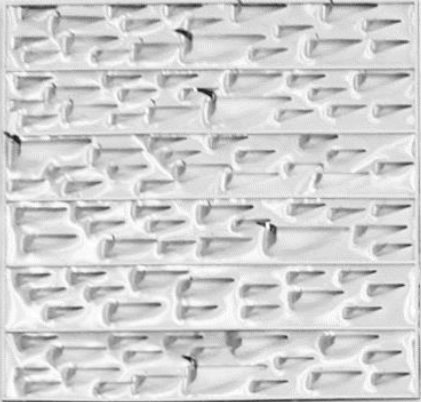
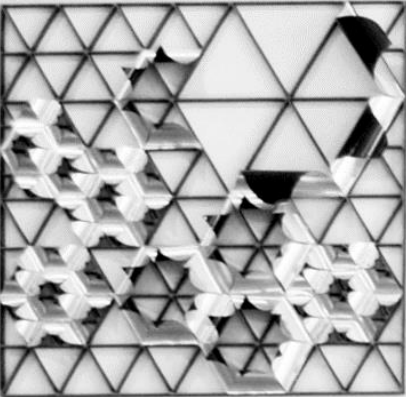
Figure 8 Montée en température du film en fonction des conditions extérieures

La température interne du store atteint le seuil d'enclenchement autour d'une $T^{\circ}C$ de l'air approximative de 20°.

PROTOTYPES

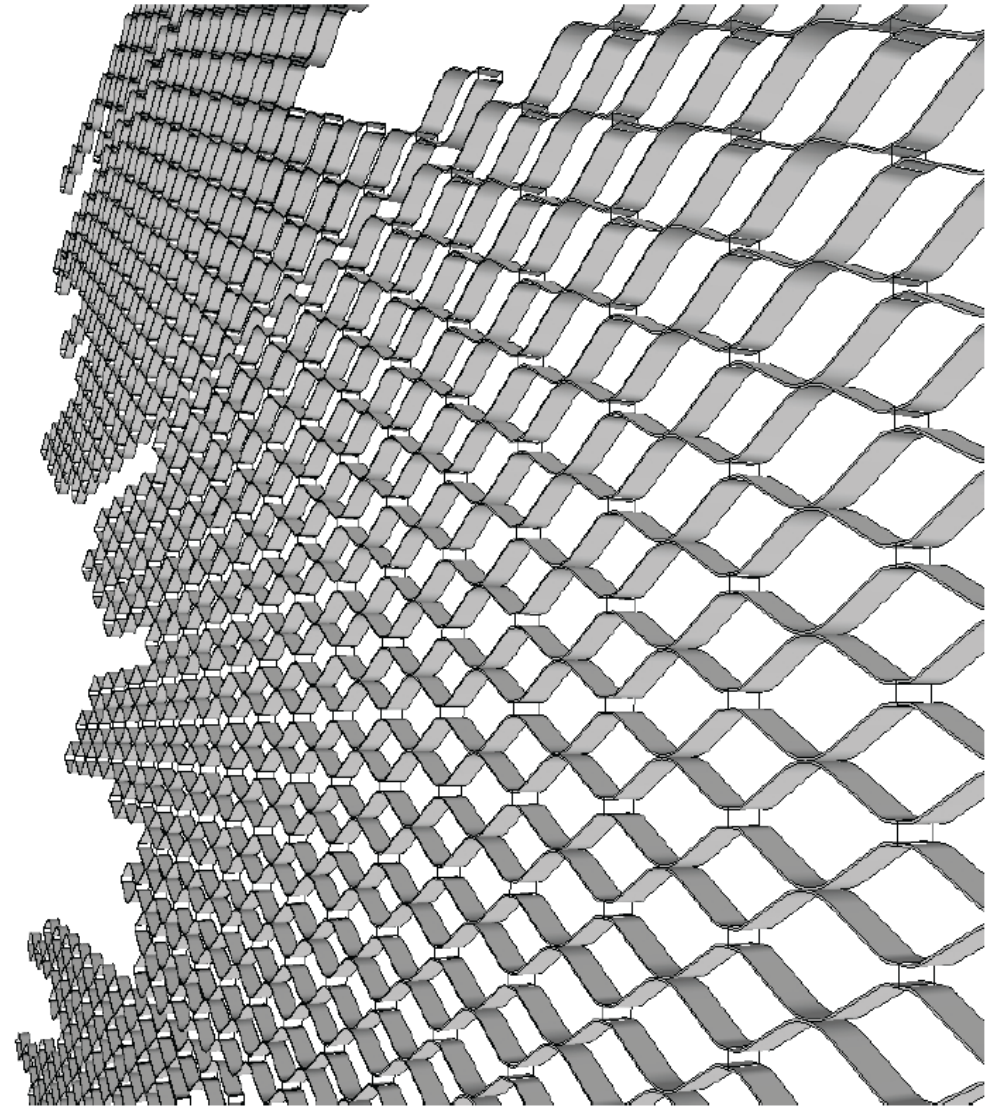
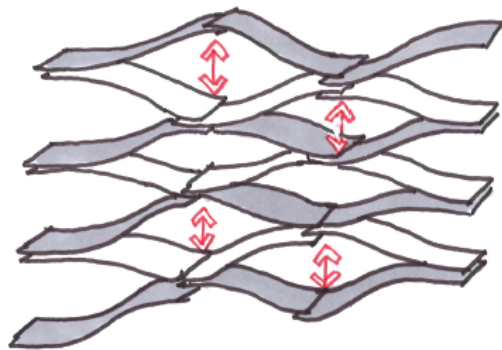
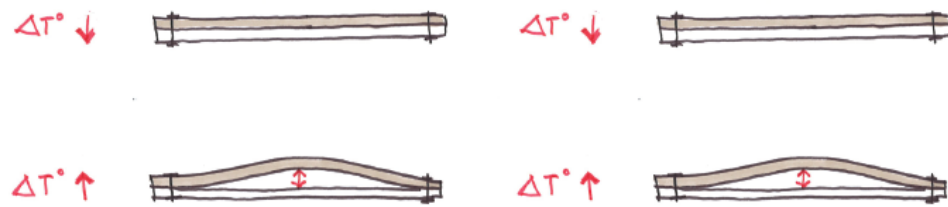
Attrape-mouche
Rappe à fromage
Ecailles
Auxétique

3. Etudes de forme



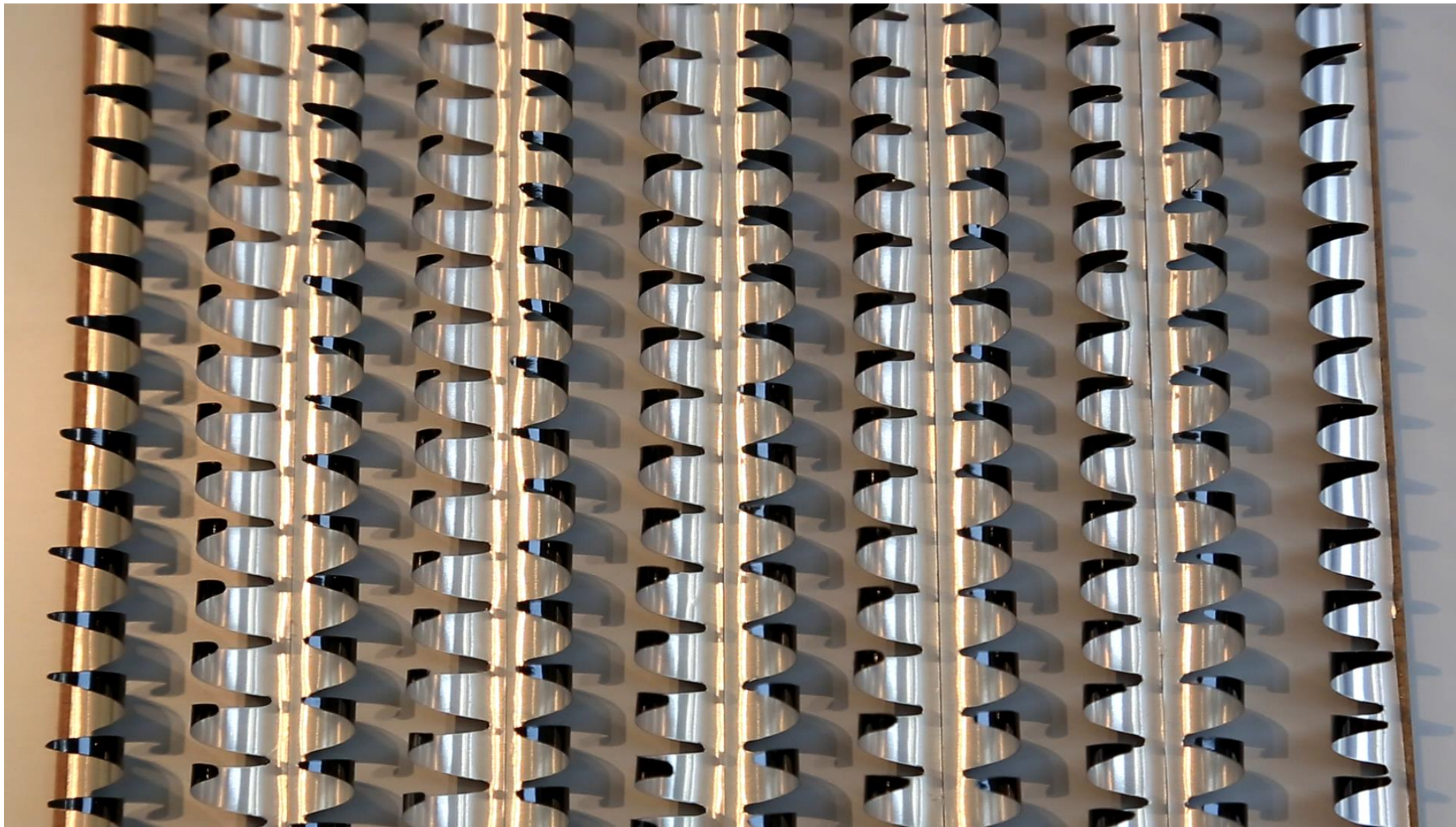
CONCEPTION EN BANDE

Forme : En bande ondulée

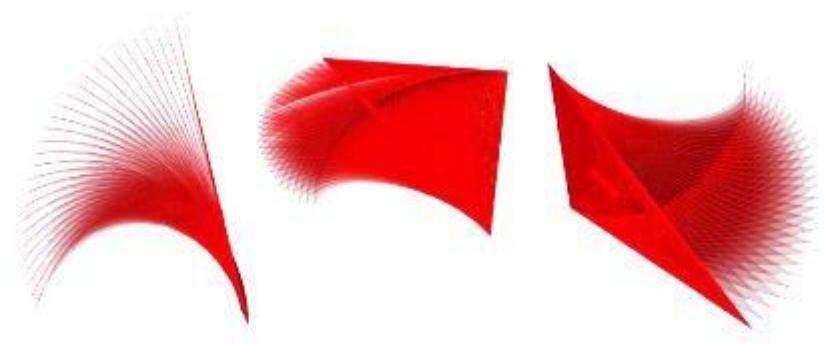


ACTUATOR EN BANDE

Forme : Attrape-mouche

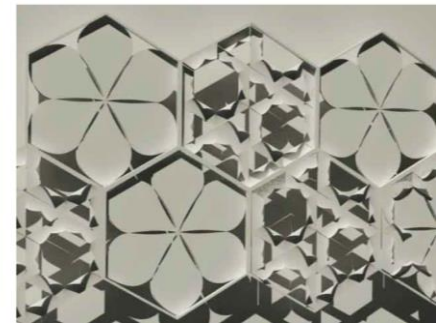
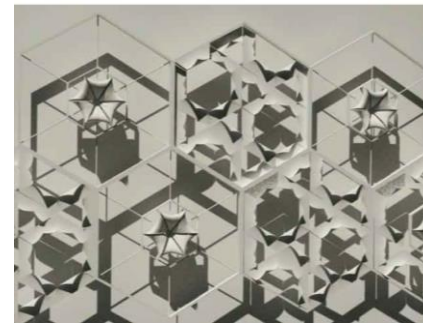
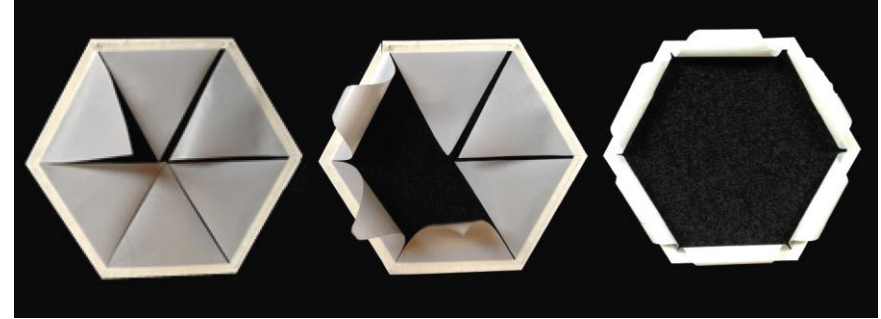
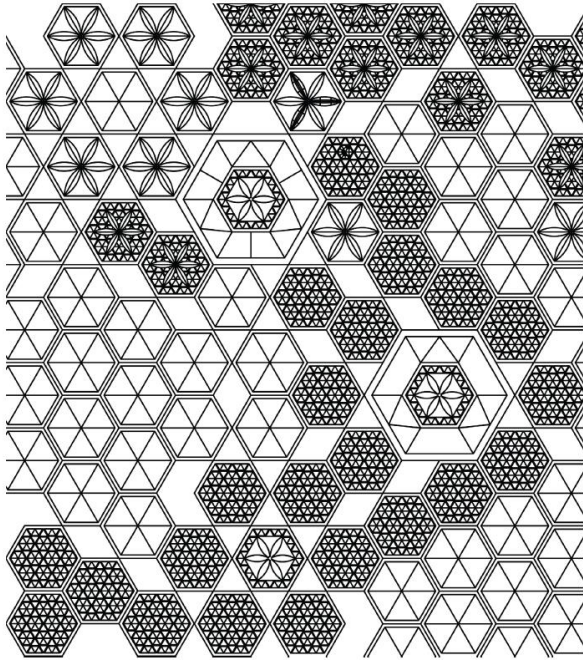


PROPOSITION DE FAÇADE



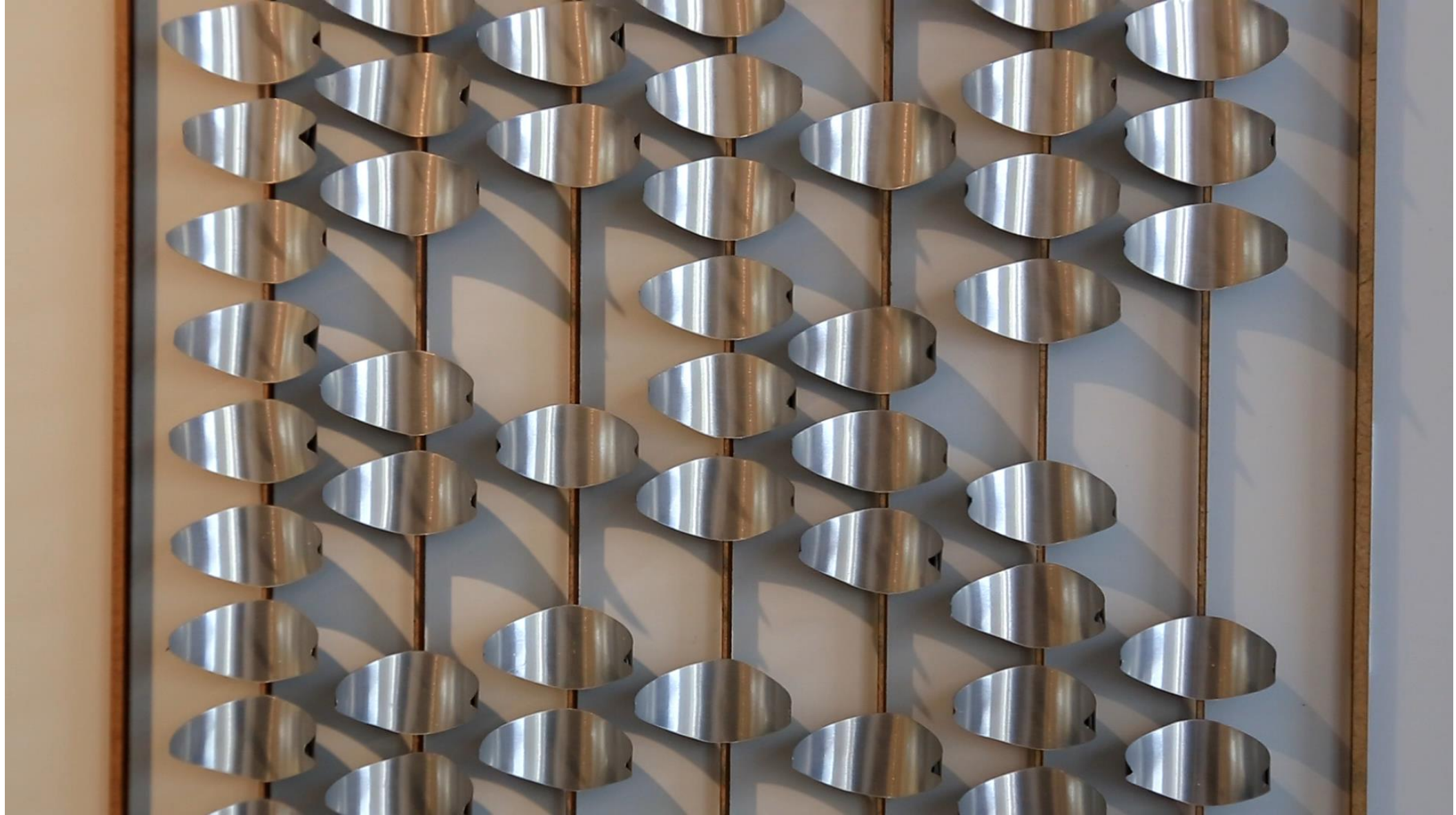
CONCEPTION D'UN ACTUATOR ISOLÉ

Paroi composée de cellules autonomes et structurées en pavage pour offrir une couverture optimale.



VIDÉO – ACTUATOR ISOLÉ

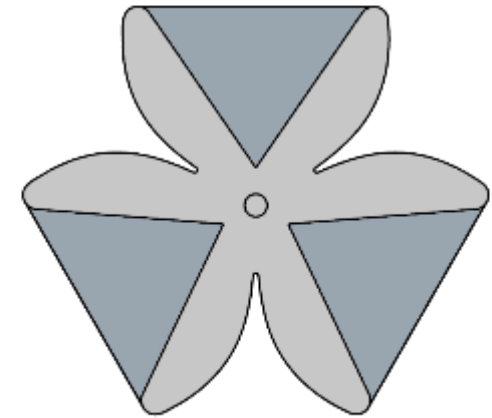
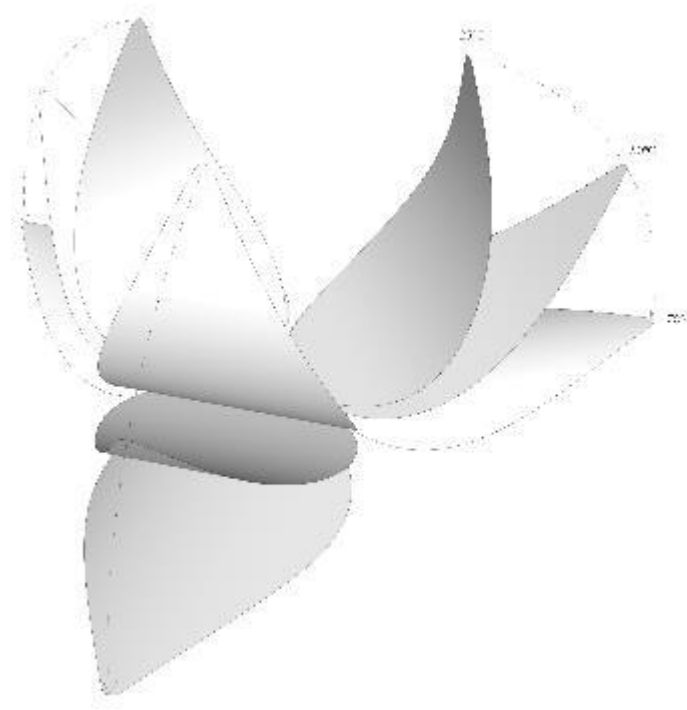
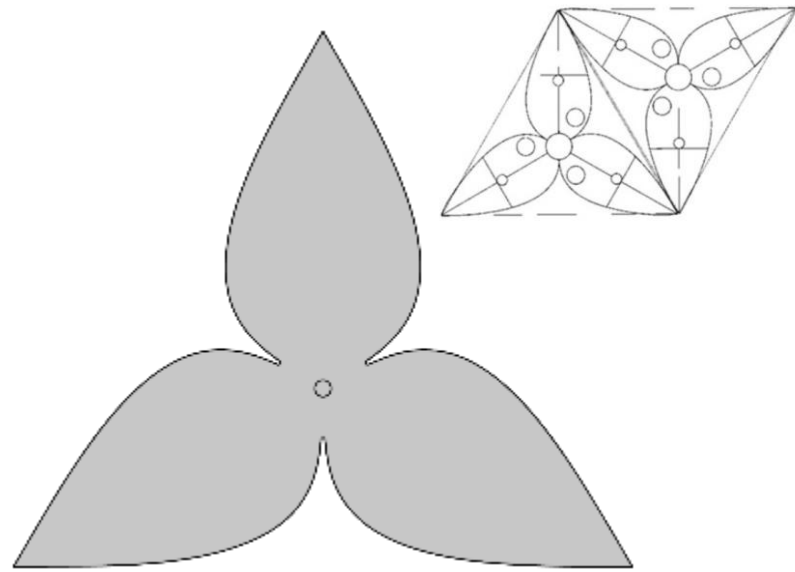
Forme : Ecailles



III. PHO'LIAGE I : BILAME

Forme biomorphique et un pavage triangulaire

Inspirée de la fleur trifoliée : *Oxalis triangularis*.



Découpe par électroérosion

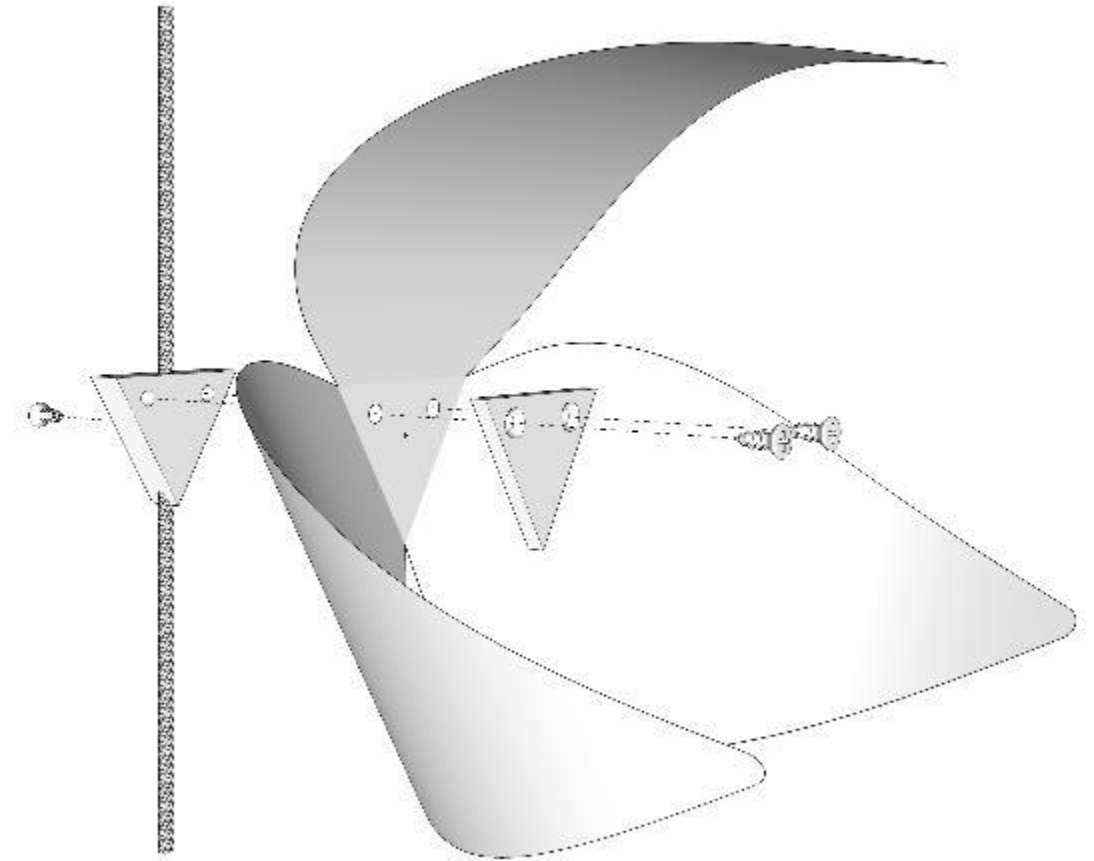


FIXATION SIMPLE – OUVERTURE PASSIVE

Fixation en 2 points pour éviter la rotation



Accrochage sur un câble tendu

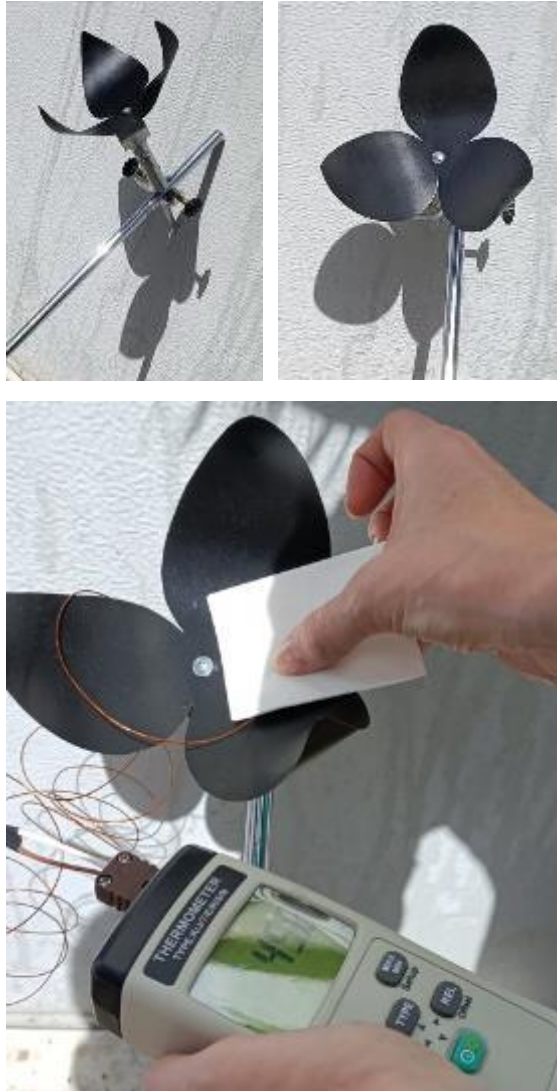




PROTOTYPES



Compagne de mesure de T° in-situ



Mesures :

Plan vertical

$T^{\circ}\text{C fleur} - T^{\circ}\text{C ombre} = -7^{\circ}\text{C}$

Plan vertical

$T^{\circ}\text{C fleur} - T^{\circ}\text{C ombre} = -12^{\circ}\text{C}$

©ArtBuild, Quick'IT

Détermination des périodes d'enclenchement des fleurs

Nombre de jour d'enclenchement (juin 2022) :

Ex : Juin	22-25°C	26-30°C	30-35°C	+ 35°C
2015	8	12	2	-
2016	12	5	3	-
2017	2	13	8	-
2018	9	15	3	-
2019	8	7	11	-
2020	10	8	4	-
2021	5	11	6	-
Moyenne	8*	10	5	-

Nombre de jour d'enclenchement par mois :

Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
8	19	24,5	23,5	15

Résultat :

- 90 jours d'enclenchement prévisionnel par an
- Soit un taux de fonctionnement de 24,60% par an.

* Plage de T°C pondérée à 50%

Tranche de température

Lieu : Lyon entre avril à octobre

Avril	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2015	11.6	10.2	14.2	12.2	10.8	13.2	15	16.7	23.3	20.9	20.2	22.3	22.9	24.6	25.9	20.7	18	17.5	12.1	20	22.3	25.2	22.9	22.8	16.8	21.2	18.2	13.1	16.2	20.2	
2016	7.9	14.4	16.6	15.5	13.6	17.7	13.6	11.2	14.1	20.3	20.3	21.1	17.3	20	19	22.6	17	9.7	17.3	20.8	20.8	18.1	13.5	10.6	11.9	13.2	11.9	14.7	16.5	13.6	
2017	12.3	12.9	19.5	18.8	17.1	15.2	18	21.8	24.9	24.9	17.2	20	20.3	19.9	17.1	17	16.2	12.3	11.8	12.8	16	19.8	17.8	22.4	14.6	7.1	10.6	12.6	18.1	18.3	
2018	13.7	14.6	18.2	16.2	15	21.7	20.3	18.6	17.2	16.2	14.5	15.8	17.1	16.2	18.4	19.5	22.4	16.9	27.1	27.4	28.5	28.8	20.8	21.7	17.7	26.5	17.6	21.9	17.7	17.5	
2019	21.9	19.6	10.9	8.6	14.8	13.7	13.5	14.8	16.9	17	14.8	14.5	11.8	10.4	17.9	14.1	21.5	22.2	24.6	24	21.6	24.4	21.4	18.3	21.3	17.3	14.9	11.2	12.7	17.5	
2020	16.2	15.8	14.1	19.1	21	21.9	23	23.4	23.9	25	25.1	20.8	20.4	17.3	23.3	23	22.3	24	18.4	21.1	19.1	23.8	24.6	25.5	24.2	19.9	23	16.9	18.9	16.7	
2021	24.5	21.6	13.8	15.3	18.1	7	7.1	15.9	15	15.3	15.7	9.7	12.1	12.1	11.6	10.8	13.5	12.5	16.1	18.3	16	20.2	20.6	23.9	22.5	16.9	21.9	16.3	15.9	10.3	

Mai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2015	15.7	19.9	23.8	23.3	24	20.9	19.1	18.8	21	23.5	28.5	28.9	29.2	22.4	12.2	19.7	21.1	24.2	16	14.5	17.7	20.1	21.4	22.8	22.9	17.2	19.9	24.1	26.9	22.4	25.8
2016	8.4	18.4	15.9	19.2	23.4	23.3	22.9	22.7	21.7	23.5	17.4	17.2	17.9	18.1	14.3	17.7	20	22	15.5	19.8	26.9	20.8	11.7	16.6	19.1	23.9	28.9	27.3	19	18.6	18.2
2017	14.7	13	16.5	14.9	21.4	13.6	14.7	14.3	17	21.6	16.3	18	19.2	22.8	23.5	26.9	28.3	25.9	16.2	17.8	22.1	26.5	26.7	25.3	19.4	28.3	29.9	30.5	30.7	29.2	28.1
2018	14.3	17	15.2	20.3	24	26.5	27.3	26.4	23	15.7	24.2	23.8	8.8	11.8	16.8	18.3	16.3	22.2	22.5	23	25.2	24.7	21.4	26.7	27.9	28.1	27.1	22.6	25.3	23.8	23.4
2019	19.4	19.9	14.2	20.5	19.4	18.1	14	17.2	20.7	18	16	18.5	18.1	17.2	18.2	15.4	18.6	18.9	17	19.7	21.6	23.3	24.6	23.8	23	21.3	17.8	19.1	22.5	25.7	
2020	14.3	17	20.5	26.8	26.8	20.2	24.7	25.9	25.7	23	21.1	11.2	12.7	11.4	15.5	20.1	21.3	23.5	25.4	26.7	27.8	30.1	31.1	20.7	23.4	24.1	24.5	25.6	24.7	24.2	25.4
2021	9.7	14.8	16.4	20.5	15.8	15.7	15.9	25	26.1	16	16.2	18.3	16.8	16.5	13.1	19.5	17	15.5	15.5	19	18.3	20.1	17.7	19.8	16.8	21.7	21	23.6	23.6	23.3	26.6

Juin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2015	25.7	28.5	28.8	28.3	32.9	31	28	25.9	25.5	28.6	30.8	24.4	26	22.3	24.9	21.7	23	24.6	22.6	22.3	25.3	28.1	21.8	25.1	27.1	28.1	28.5	28.4	31	34	
2016	19.3	16.7	19.4	21	22.8	25	27.5	26	24.2	25.1	23.6	20.7	20.2	20.8	23.2	22.1	22.4	19.4	19.5	21.8	26.4	31.5	31.1	31.8	25.3	23.4	24.2	27.2	29.2	27.3	
2017	27.2	28.8	27.3	20.4	22.1	21	19.6	26	27.5	27.2	32.8	29.5	26.7	31.4	27.1	28.2	29.5	32.6	30.6	33.9	36.1	36.8	34.8	29.7	27.8	28.2	31.5	25.2	22.2	22.4	
2018	24	26	26.3	25.6	26.1	25.8	25.5	25.6	28.3	26.3	25.8	23.4	20.3	21.9	24.3	25.8	22.8	24.2	27.5	30.2	30.2	22.2	23.5	24.2	25.8	28.1	28.6	27.9	28.2	33	
2019	28.7	30.9	27.9	29.2	29.5	20.5	28.9	23	15.6	15.9	14.3	22.2	26.8	22.7	22.1	23.2	26.8	30	19.9	25	23.9	24.4	28.5	31.6	33.9	36	37.1	34.5	26.7	36.1	
2020	27	28.1	25.1	20.7	17.9	24.5	19.6	18.4	14.1	18.1	23.4	20.9	21.1	22.4	23.4	23.5	21.7	23	22.8	24.8	25.7	25.4	28.9	32.8	30.4	30.2	31.1	29.7	26.7	28.5	
2021	25.9	21.3	27.5	28.1	20.8	21.3	22.2	25	26.5	27.8	28.6	28.9	28.4	30.4	30.6	31.1	30.1	31.6	30.1	28.5	28.2	24.6	24.8	20.4	21.9	26.8	29.7	20.8	24	22.8	

Juillet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2015	34	34.6	36.2	37.1	36.9	34.4	38.9	24.3	25.9	32.3	32.2	30.1	29.4	30.2	32.2	31.4	36.4	32	31.7	31.9	34.4	33.2	29.5	33.6	25	23.4	29.1	26.5	22.3	23.3	25.6
2016	29.4	21	24.2	26.4	27.9	25.8	26	31.5	29.6	34.4	28.4	19.9	20.7	21.7	21.5	25	28.5	32.7	33.7	33.7	30	26.3	28.5	27	29	29.9	27	27.4	30	31.7	28.1
2017	19.3	22.5	24.8	29.3	32.8	31.3	36.9	30.9	29.6	28.5	29	31.4	28.3	27.1	25.1	28.7	30.5	32.4	32.2	29.6	28.2	27.5	26.2	23.1	21.8	24.6	28.9	28.9	31.3	31.1	34
2018	34.5	33.1	28.5	31.8	26.3	26.1	28.7	28.7	27.7	27.3	23.9	26.6	30.9	32.3	31.3	30.2	30.1	30.6	30.1	31.4	25.3	27.2	29.4	31.8	32.7	35.3	25.3	31.6	31.7	30.6	
2019	34.2	28.9	29.7	30.8	34.5	32.7	30.9	30.7	28.9	26.8	26	30	28.8	27	25.9	29.3	30.1	29.5	31.2	31.3	31.9	34.7	36.2	36.6	38.1	38.8	36.5	23.8	27.4	25.5	24.3
2020	38	27	34.3	36.4	29.8	25.2	25.6	29.3	36.8	31.5	25.1	27.9	28.3	28.3	22.2	23.8	23.3	28	30.2	34.7	34.8	31.2	30.5	30.2	31.5	30.3	36.3	32.9	30.8	36.9	
2021	24.8	28.9	22.2	23.8	39	20.5	24.7	22.8	24.7	27.4	25.1	27.4	20.9	16.7	18.4	23.6	24.9	28.2	29.6	29.2	38.4	29	32.6	29.4	38	28.6	27.7	26.7	28.9	26.5	23.8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
2015	24	29.9	36.9	28.3	36.8	37.4	36.4	25.4	22.1	21.9	27	36	31.1	27.3	20.9	22.6	34.6	23.9	24.2	26.8	28.6	31.1	25	24.5	24.1	30.3	30.7	33.5	33.6	31.9		
2016	28.6	26.4	30.6	27.5	21.3	24.3	26.4	28.6	22.9	21.6	21.7	25.9	30.8	31.5	32.6	32.6	31	26.3	28.7	19.6	22.4	24.9	38.1	33.6	34.2	34.7	33.8	32.8	24.1	26.9	30.5	
2017	33.7	36.7	37.6	31.8	32.5	26.4	30.2	20.6	23.8	22.5	19.5	23.7	26.7	31.6	28.7	31.6	28.7	30.3	31.4	23.4	23.5	28.2	30.7	33.5	28.4	31.2	35.4	32.7	32.8	34.6	30.8	15.5
2018	31.8	32.8	34.2	36.7	35	28.6	35.2	33.3	24.6	25.5	26	32.1	26.7	25.2	27.6	27	24.7	26.9	28.8	29.6	30.6	34.5	36	25.2	21	22.5	30.6	31.4	33.7	30.6	23.7	
2019	26.6	29.1	28.9	31.4	34.5	33.1	28.1	29.8	34.5	26.8	26.3	22.7	22.2	24.6	25	25.7	33.1	31.3	18.8	16.6	21.9	24.2	28.5	30.7	30.7	31.2	29.6	31.1	28.4	29.9	33.9	
2020	36.7	25.9	22	24	28.4	31.3	34.8	36.7	35.7	36.1	35	33.4	30.1	38	30.9	26.9	28.2	29.1	30.6	33	36	27.7	25	26.8	32.8	28.2	29.6	21.1	21.2	20	21.8	
2021	21.9	23.5	22.8	19.6	24.4	25.8	19	24	24.9	28.1	30.3	32.6	30.6	34	34.1	23.5	22.9	20.8	23.1	25.9	31.2	26.4	23.9	23	24.1	24.4	20.9	21.7	22	21.4	23.5	

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2015	23.5	23.5	22.1	22.2	19.3	20.4	21	22.8	27.1	26.5	25.7	23.4	25.5	22.4	22.1	28	21	22.6	18.5	18.1	20.1	19.8	15.8	19.5	20.1	18.4	19	18.3	18.7	19.6	
2016	29.7	29.5	31.4	30.6	23.4	26.4	30.2	29.8	27.3	29	29.2	31.9	31.5	26.4	24.3	21.4	17.1	15.6	17.5	19.5	18.7	22.2	22.8	28.6	25.8	19.3	21.6	24.8	26.7	24.7	
2017	20.9	18.1	21.5	20.8	78.9	22.8	20.8	23.8	18.6	19.5	21.1	19.9	21.5	20	20	18.6	16.5	18.8	24.3	18.2	23	24.2	23.2	24.2	22	22.5	25	24.2	27.6	19.6	
2018	22.9	23.8	24.5	28.4	30.2	22.1	24.5	26.7	30.2	30.5	32.6	31.7	30.5	25	25.6	26.1	38.3	31	31.3	31.2	30.3	23.5	31.5	17.7	19	28	30.1	26.4	21.4	19	
2019	24.4	23.4	25.3	27.4	20.1	19.7	21.9	17.9	18.7	20.7	22.8	26.5	27.9	29.2	32.6	31.5	28	22.3	23.2	28	28.2	26.6	20.8	20.5	21	24.7	26.7	22	23.1	22.3	
2020	22.1	23.5	25.5	30.5	30.5	21.8	23.4	25.8	27.5	28.5	28.1	29.3	30.4	31.3	32.5	32.1	31	31.7	39.5	25.5	23.5	24.2	25.6	21.4	15.8	12.5	8.5	12.4	17.3	20.5	
2021	24.3	27.3	26.6	27	28.4	29.3	29.9	30.2	23.6	23.5	24.8	26.3	29.1	26.3	27	24	23.7	24.5	17.3	16	18.7	19	24.6	24.9	26.6	24.5	24.9	18.4	21.5	18.1	

CONDITIONS RÉELLES



Test prototypage dans conditions réelles



Vitesse x 1

©ArtBuild

OPTIMISATION ET TESTS DE DURABILITÉ

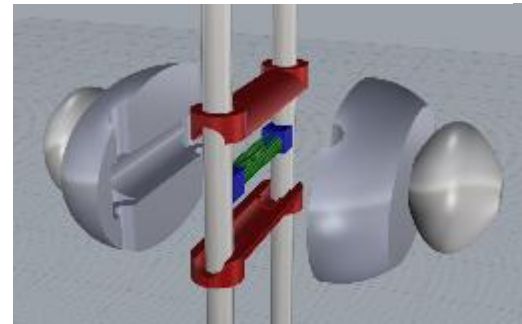
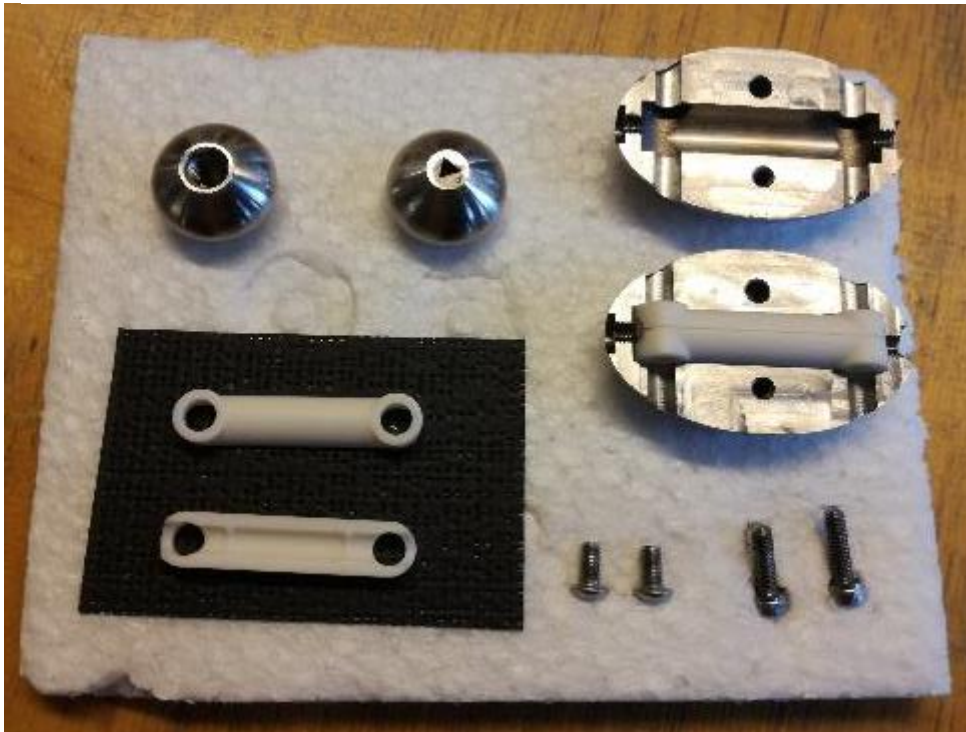
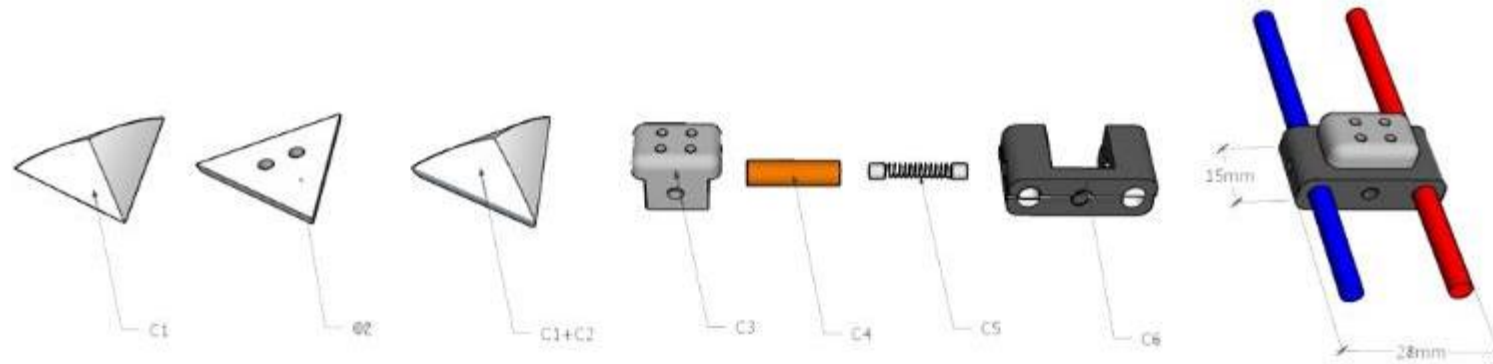
Test de corrosion



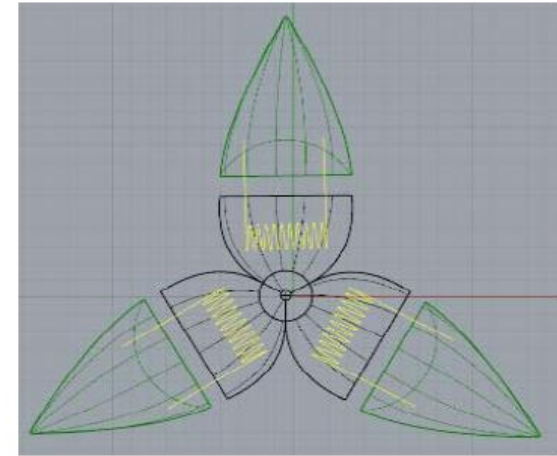
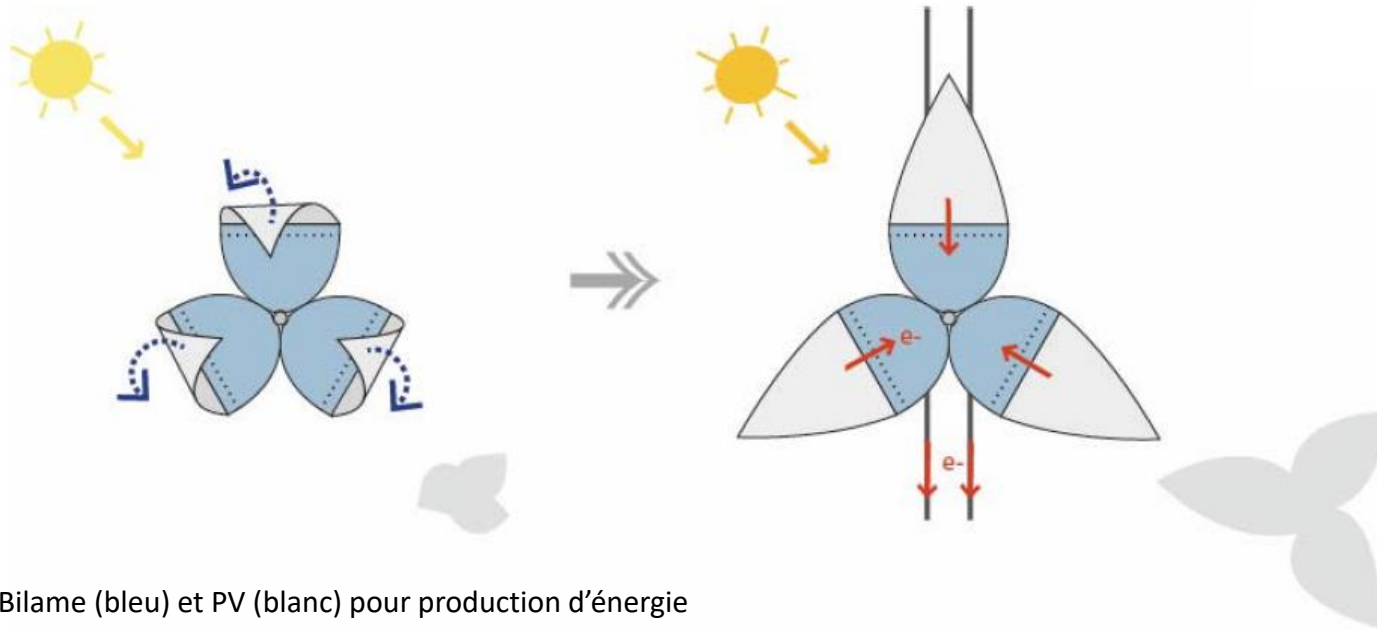
Peinture



OUVERTURE ASSISTÉE – SOURCE EXTERNE



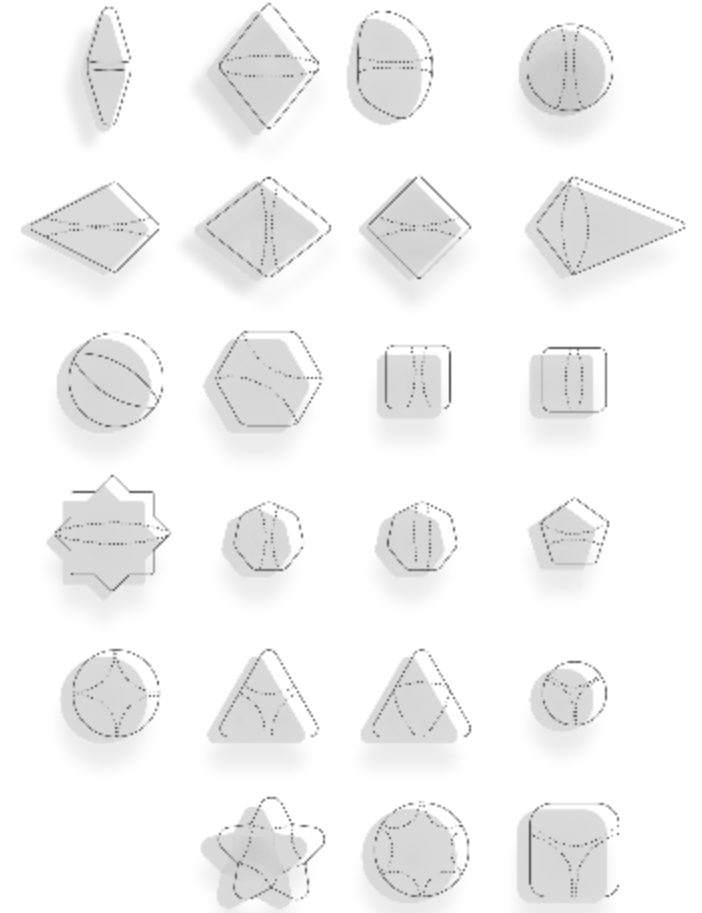
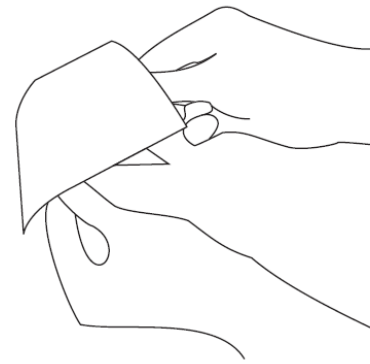
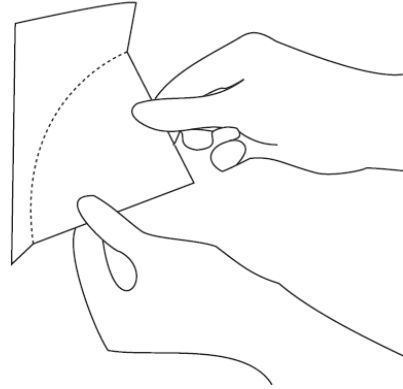
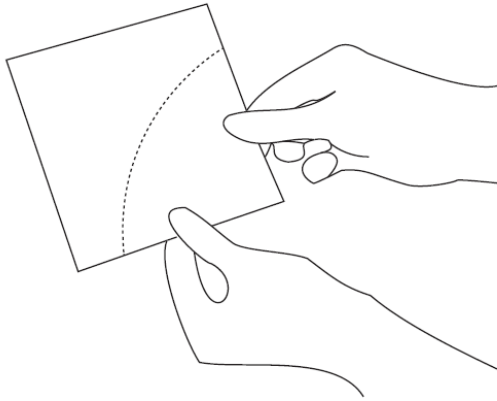
Hybridation pour la production d'énergie

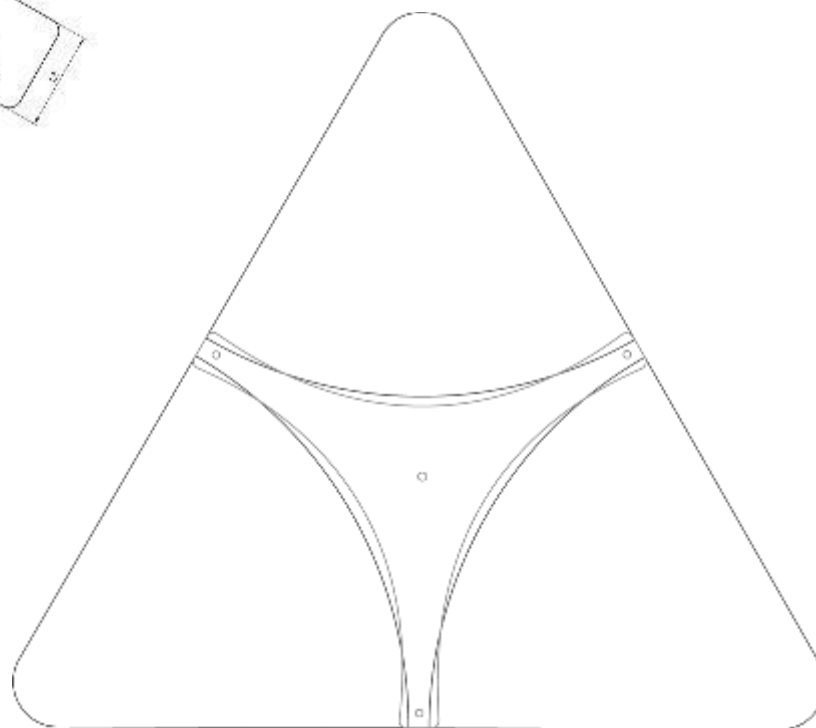
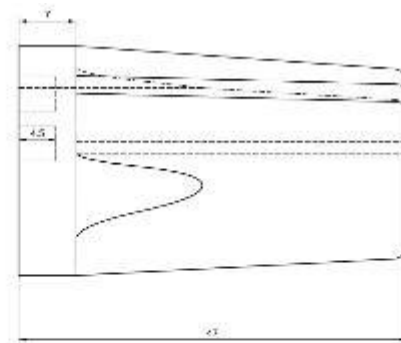
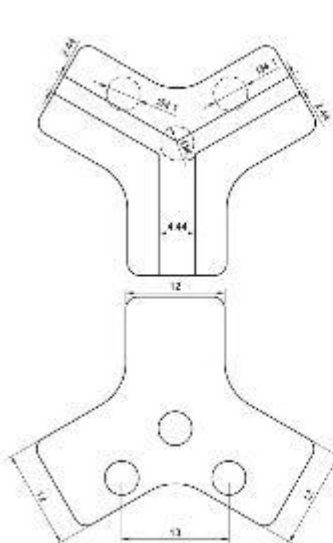
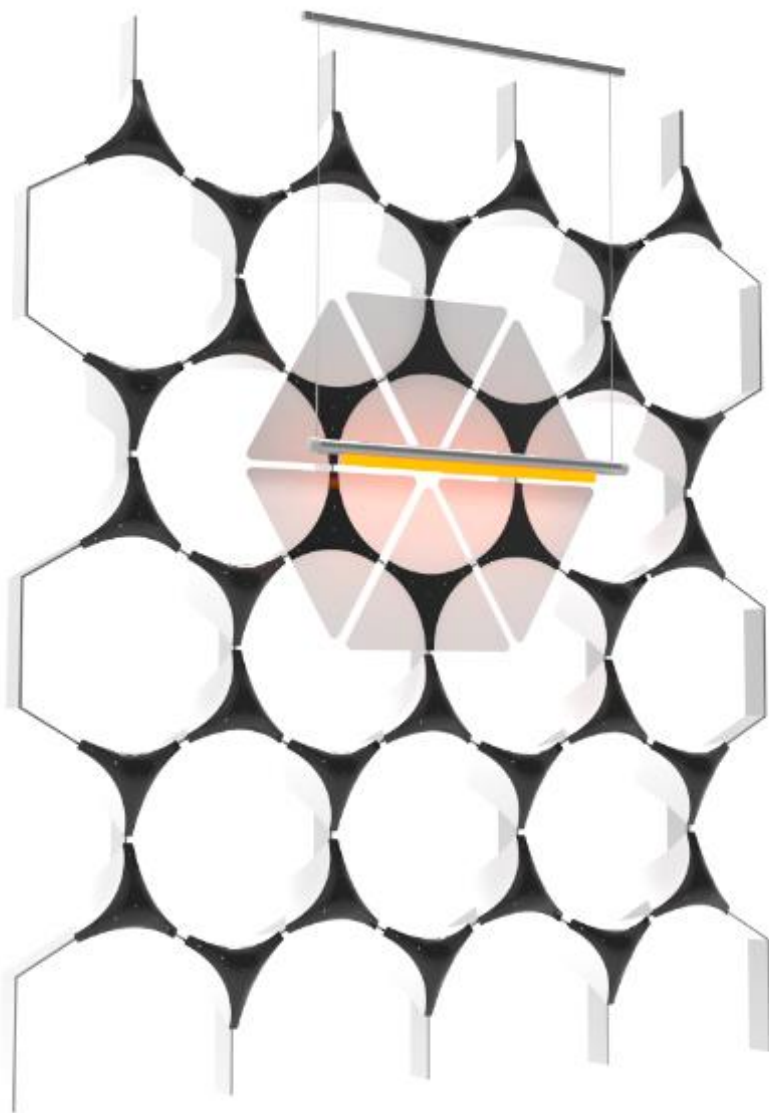


Les PV sont physiquement connectés à une résistante (jaune). L'actuator en bilame est en noir

IV. PHO'LIAGE II : PLI CINTRÉ

Principe et motifs de plis cintrés



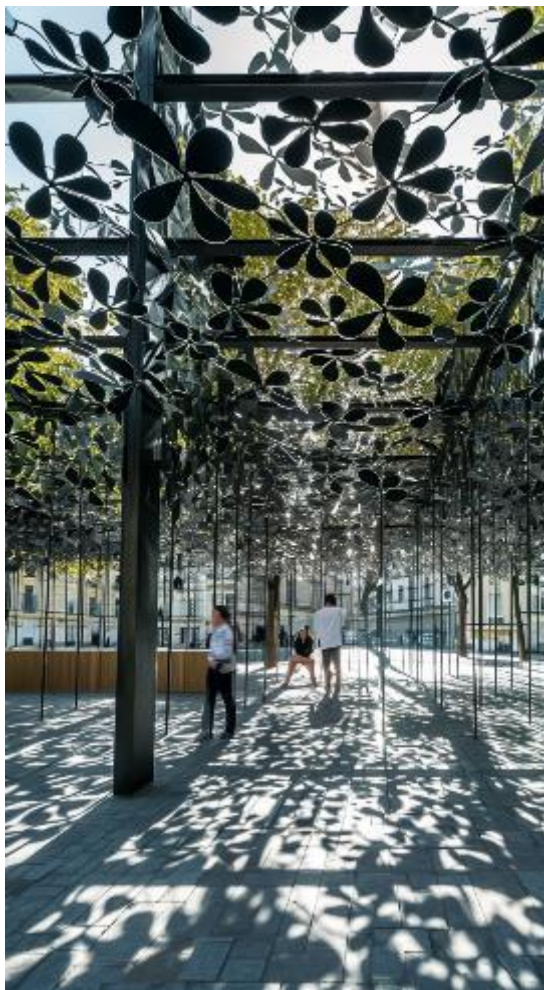








Ombrières climatiques en milieu urbain





CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

- La façade est une interface importante pour réduire l'empreinte carbone des bâtiments
- Une partie non négligeable de l'empreinte carbone d'un bâtiment sert à produire un service pour lutter contre ses conditions internes et externes.
- Pho'Liage s'inspire du vivant pour créer de l'ombre de manière passive qui s'adapte aux stimuli extérieurs.
- Ces dispositifs inspirés des fleurs sont composés de matériaux mémoire de forme comme le bilame
- Ces dispositifs pourraient être utilisés en milieu urbain pour créer des ombrières climatiques



OUTILS, SITES INTERNET, SOURCES

- Badarnah L (2012) Towards the living envelopes: biomimetics for building envelopes
- COSTAction TU1403 - Adaptive facades network - Webpage of COST action TU1403. <http://tu1403.eu>
- Pawlyn M (2011) Biomimicry in architecture
- https://ceebios.com/wp-content/uploads/2017/06/THESE_Enveloppe_Bio-inspirees_Estelle_Cruz_CEEBIOS.pdf



CONTACT

Kévin GUIDOUX

Architecte HMONP, directeur de projets
Coordinateur AB.Lab

Coordonnées

+33 1 45 58 17 30

kgu@artbuild.com

ArtBuild Architectes

<https://www.artbuild.com>

ARTBUILD