

BRIQUE ET TECHNOLOGIE

PROJET DE RECHERCHE

Tuteur académique / Paul Carneau ENPC & thr34d5

Tuteur professionnel / Gilles Bernard BDN

Prepared par : Sami Salameh

DESIGN B / DATA

thr34d5



École des Ponts
ParisTech



Matériaux durables pour la construction



Paul Emilieu
Studio

QUESTION

La conception computationnelle, appliquée à la construction de briques, peut-elle apporter une valeur ajoutée en termes d'amélioration des performances, d'esthétique et de méthodes de fabrication ?

OBJECTIFS DE RECHERCHE

- *Appliquer une solution de conception basée sur les données climatiques à l'architecture.*
- *Contribuer à la durabilité grâce à la conception paramétrique des façades.*
- *Pousser les architectes et les développeurs à envisager l'utilisation de conceptions basées sur les données et la fabrication numérique en mettant en évidence ses solutions originales, son efficacité et son esthétique.*
- *Créer un algorithme pour concevoir les peaux en brique des bâtiments et connaître des caractéristiques climatiques correspondantes. (température de peau, ventilation et effet sur éclairage intérieur des murs perforés).*
- *Appliquer les résultats de la recherche pour créer un pavillon en plein air à Lille.*

MOTS CLES

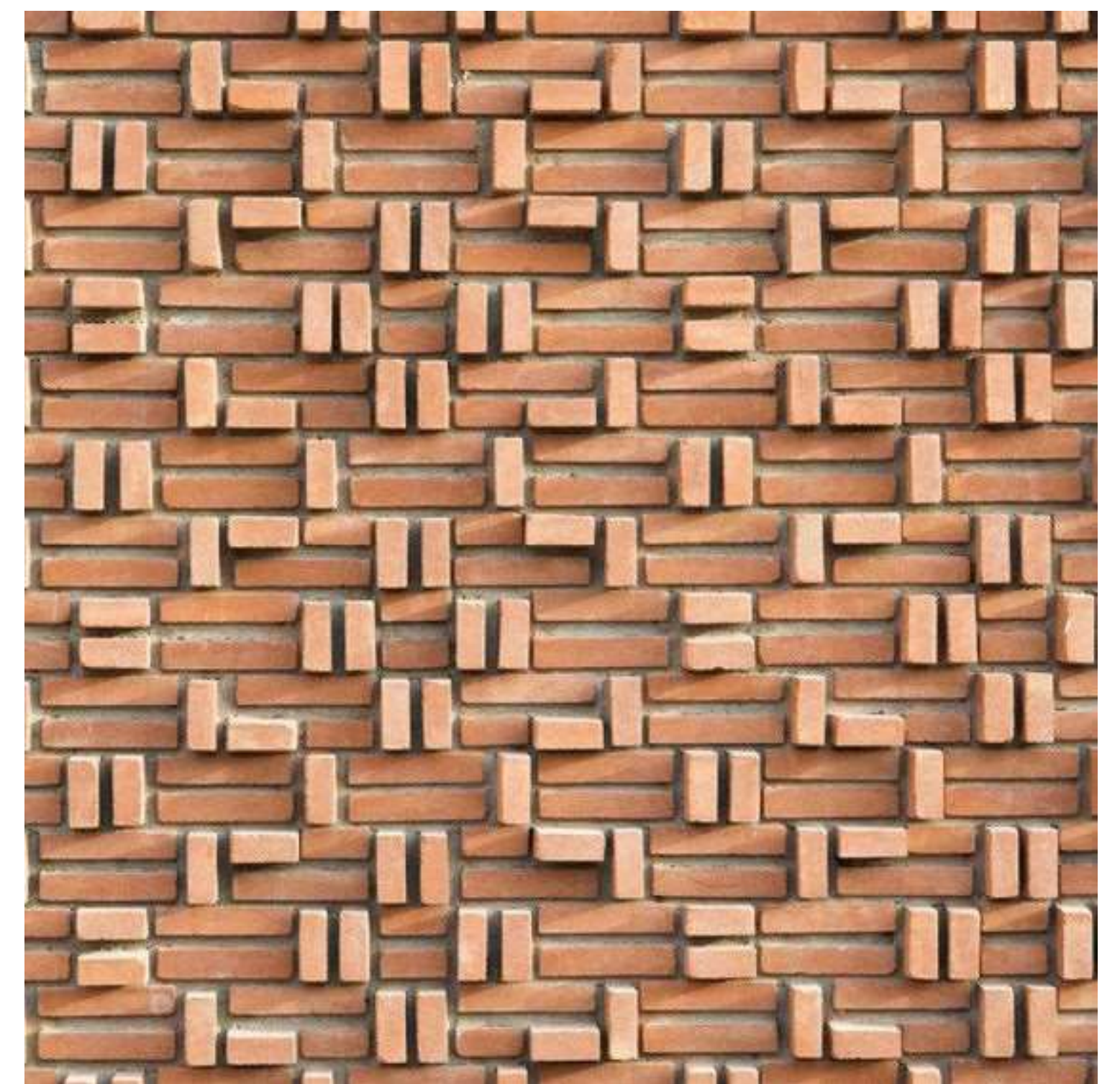
#bricks #computation # performance driven design #fabrication #aesthetics #bonds

APPLICATIONS

1- Brique en saillie (décorative)

Etude paramétrique sur la performance de différents types de mur en brique en saillie et leur performance thermique durant différentes saisons.

- *Comportement durant les saisons froides en terme d'absorption de chaleur.*
- *Comportement durant les saisons chaudes en terme d'effet brise-soleil et réduction de la température des murs.*

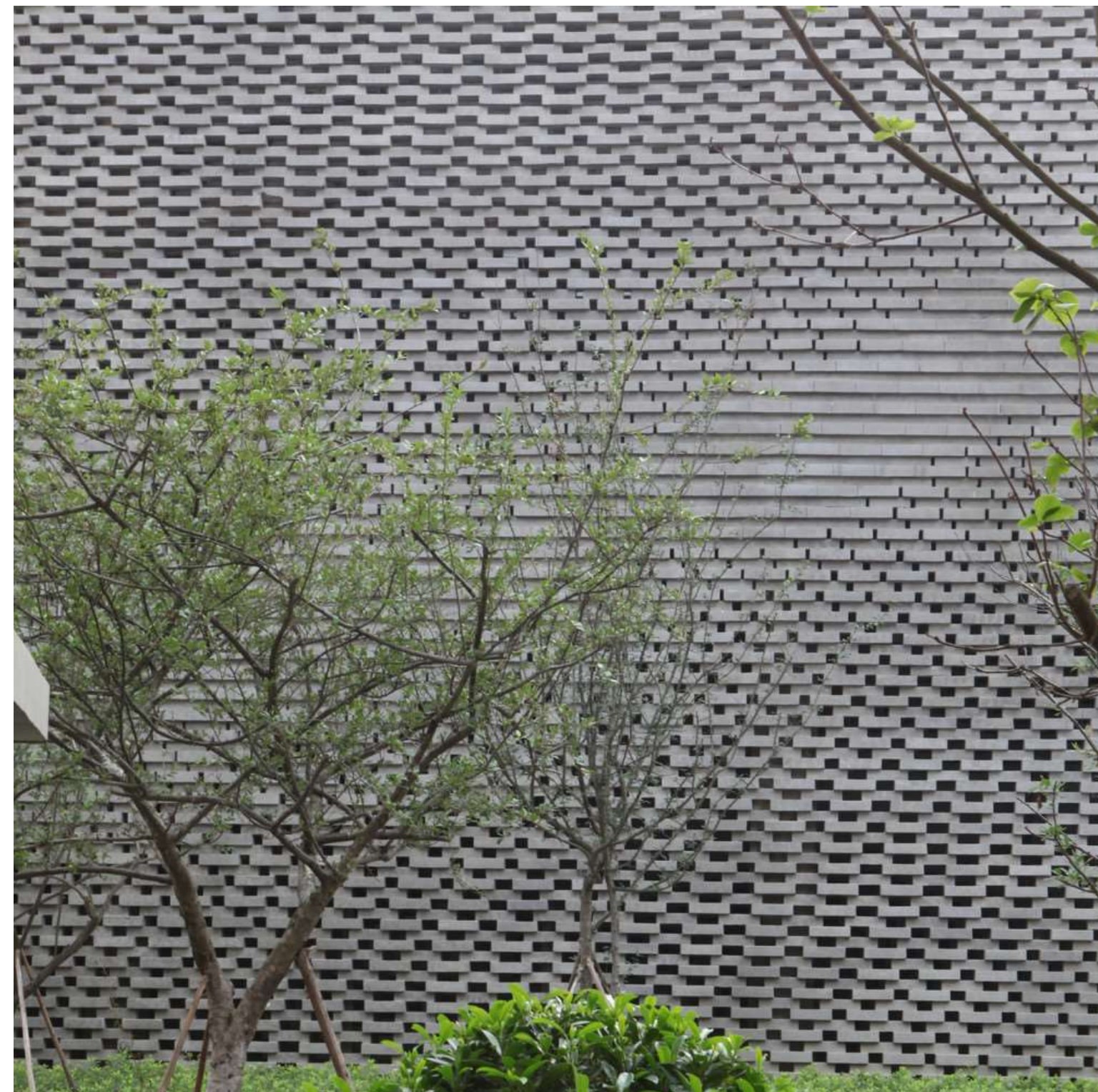


APPLICATIONS

2- Mur perforé en brique (Moucharabieh)

Etude paramétrique sur différents types de murs perforés et leur performance en terme d'éclairage intérieur et de ventilation.

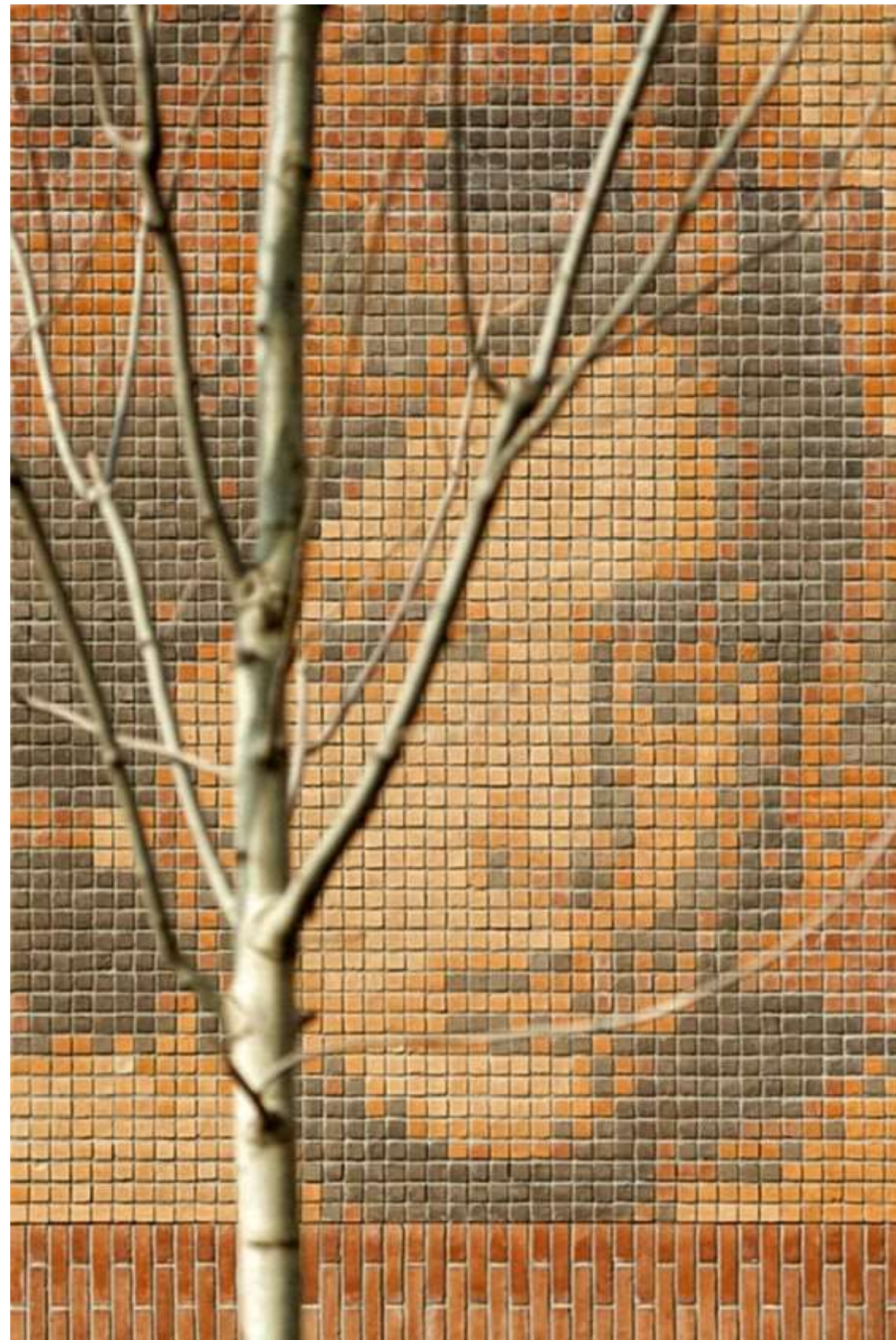
- *Assurer la quantité de lumière nécessaire pour les pièces intérieures dépendant de leur usage (chambre, bureau,....) .*
- *Performance en terme de ventilation appliquée sur un projet pilote.*
- *Recherche de nouveau motifs en utilisant des outils informatiques avancés(ex: grasshopper) et validation de leur constructibilité.*



APPLICATIONS

3-Murs en échantillon d'image

Reproduction des données numériques d'une photo en la traduisant sous forme de vecteurs de rotation ou de translation appliqués sur chaque brique.



APPLICATIONS

4- Coquille fine en compression funiculaire.

En utilisant les outils paramétriques, la possibilité de concevoir des formes organiques de coquilles funiculaires est plus variée.



Ref: sP+a brick vaulted library Mumbai .



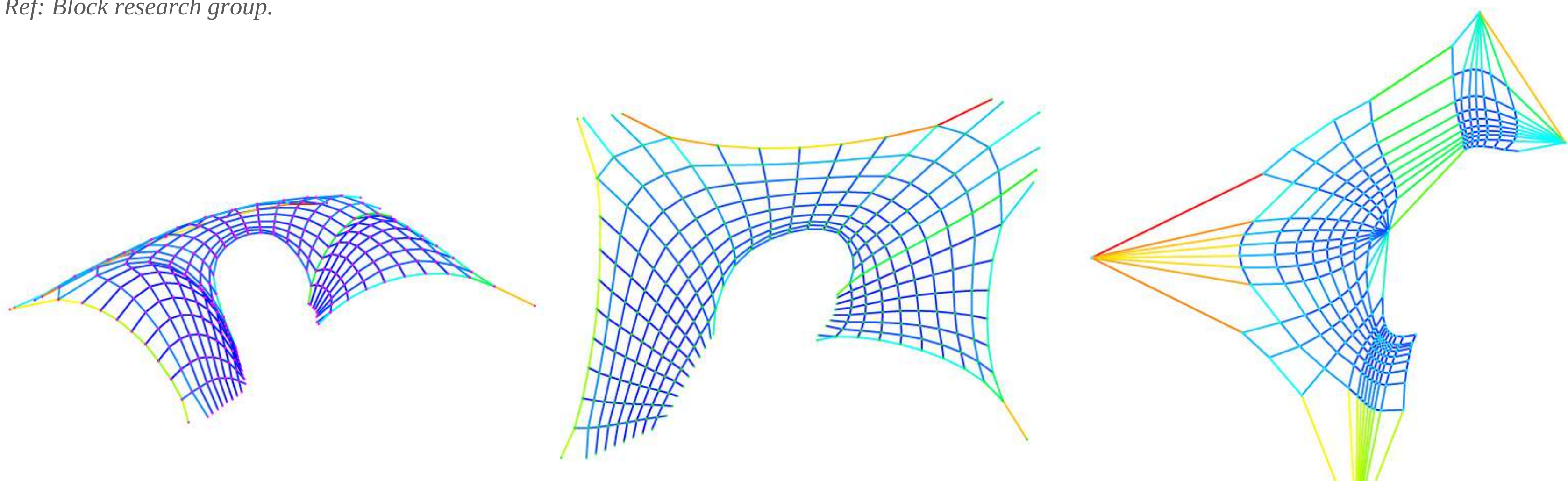
Ref: sP+a brick vaulted library Mumbai .



Ref: pavilion in Tehran .



Ref: Block research group.



APPLICATIONS

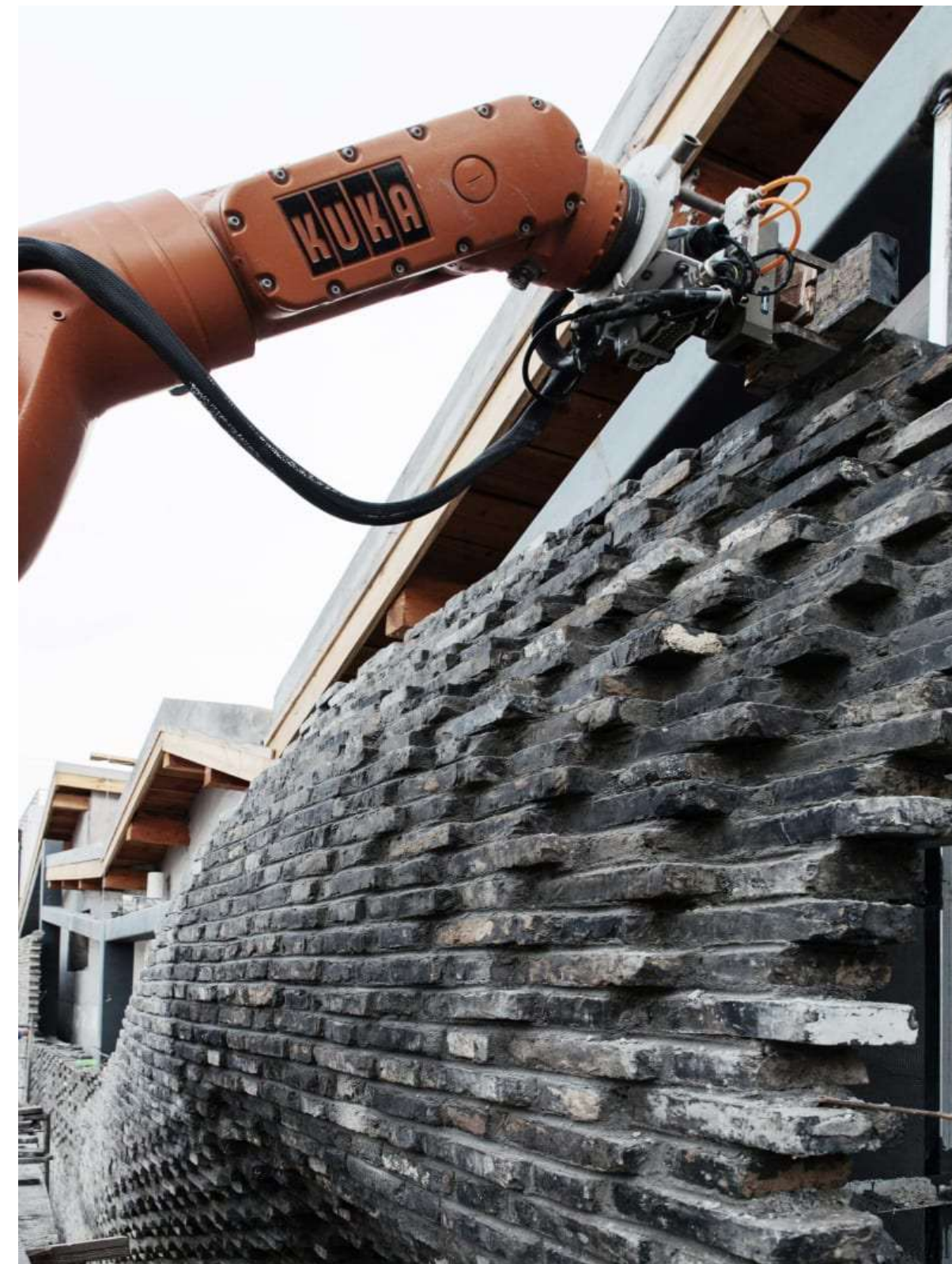
5- Edicule en brique.

Possibilité de conception et de réalisation d'un édicule en brique utilisant la technologie innovante:

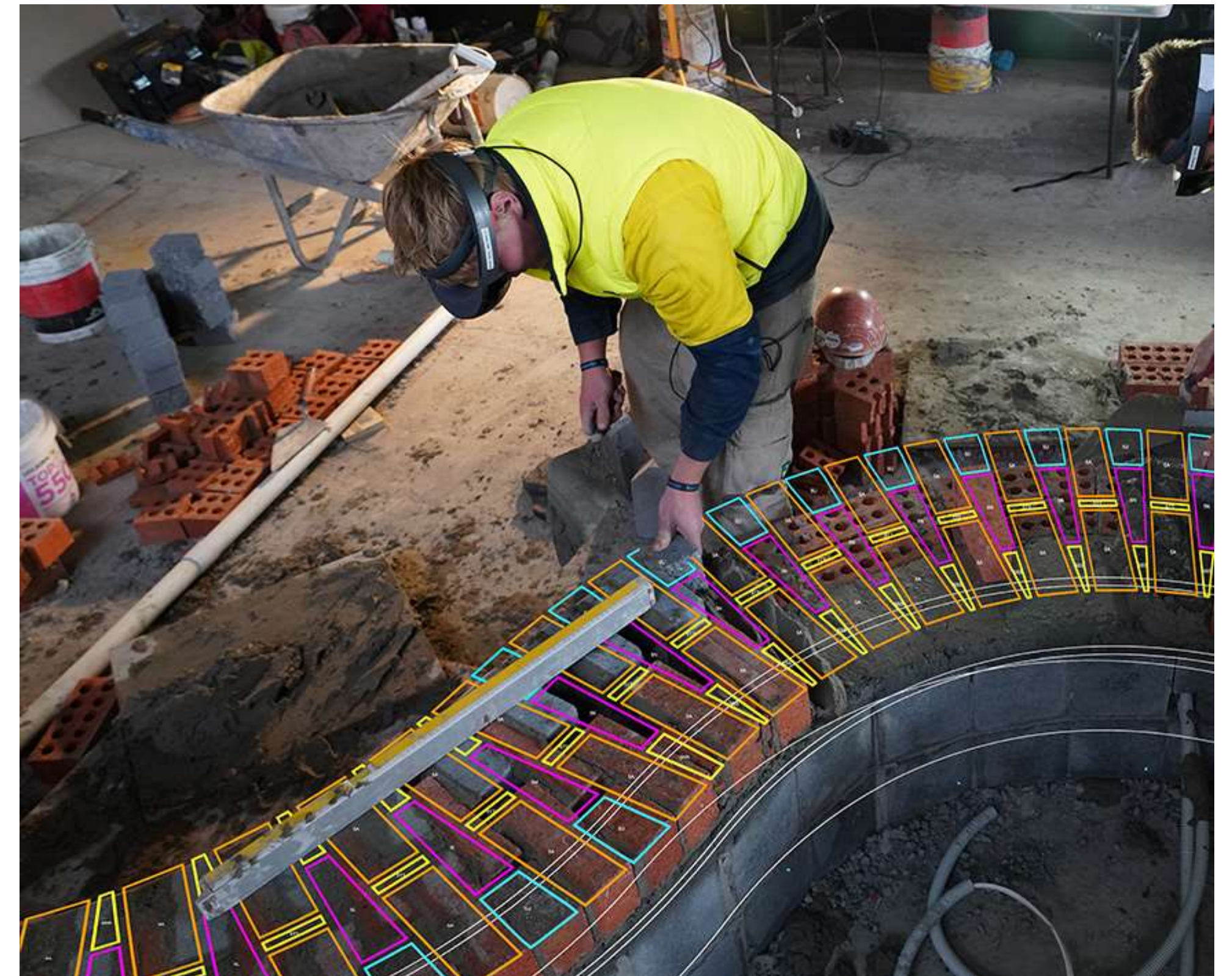
- en terme de conception(grasshopper, python, C#)
- en terme de réalisation (robots, Fologram, drones...).



Ref: Gramazio&kohler oscillation pavillon ETH.



Ref: archi union Shenglia.



Ref: fologram.com

CONCEPTION INFORMATIQUE DES BRIQUES
Définitions pour la conception des murs Méthodes
de construction

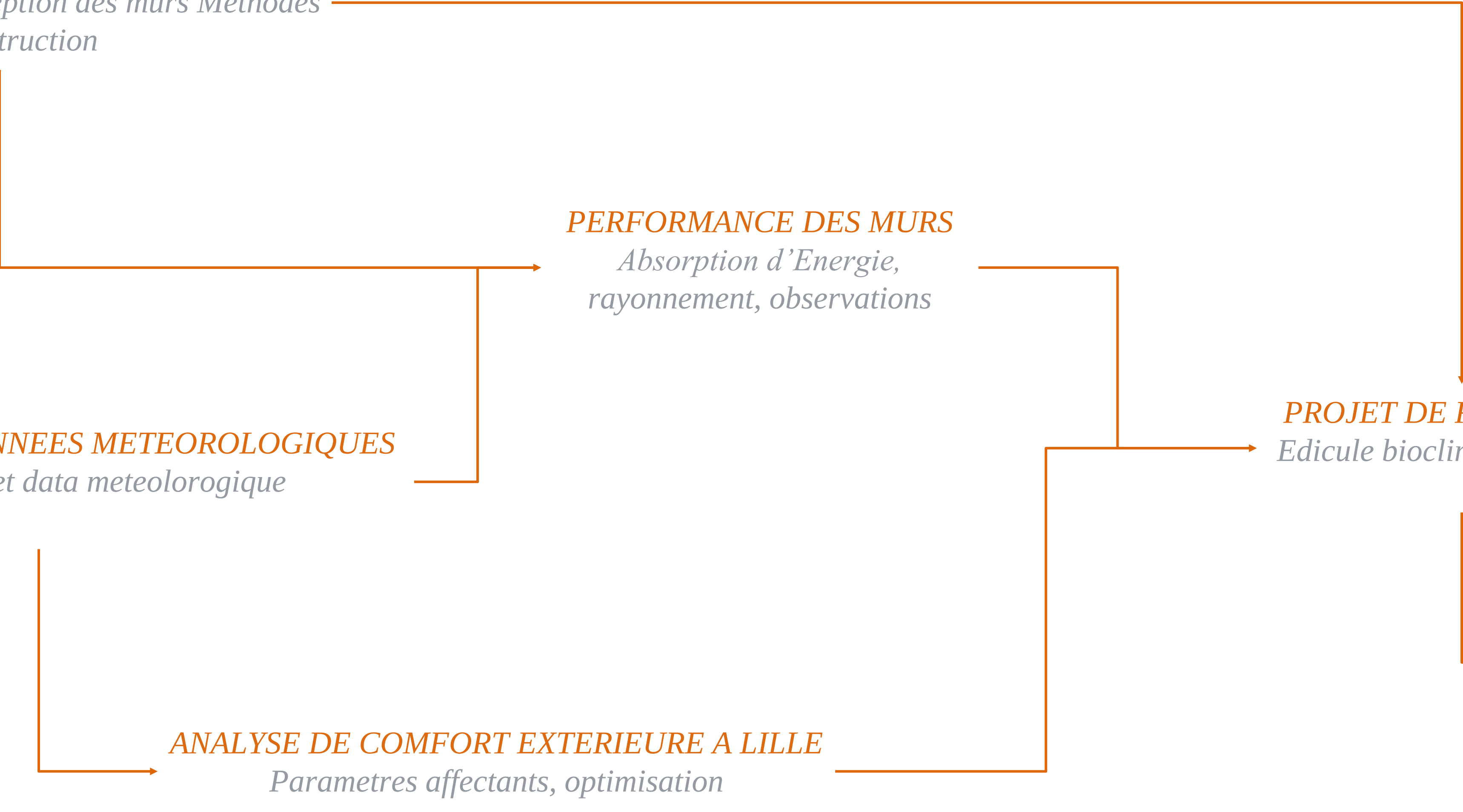
ALGORITHME DE DONNEES METEOROLOGIQUES
Analyse du site et data meteolorogique

PERFORMANCE DES MURS
Absorption d'Energie,
rayonnement, observations

ANALYSE DE COMFORT EXTERIEURE A LILLE
Parametres affectants, optimisation

PROJET DE RECHERCHE
Edicule bioclimatique à Lille

FABRICATION



CONCEPTION INFORMATIQUE DES BRIQUES

Définitions pour la conception des murs

Méthodes de construction

1

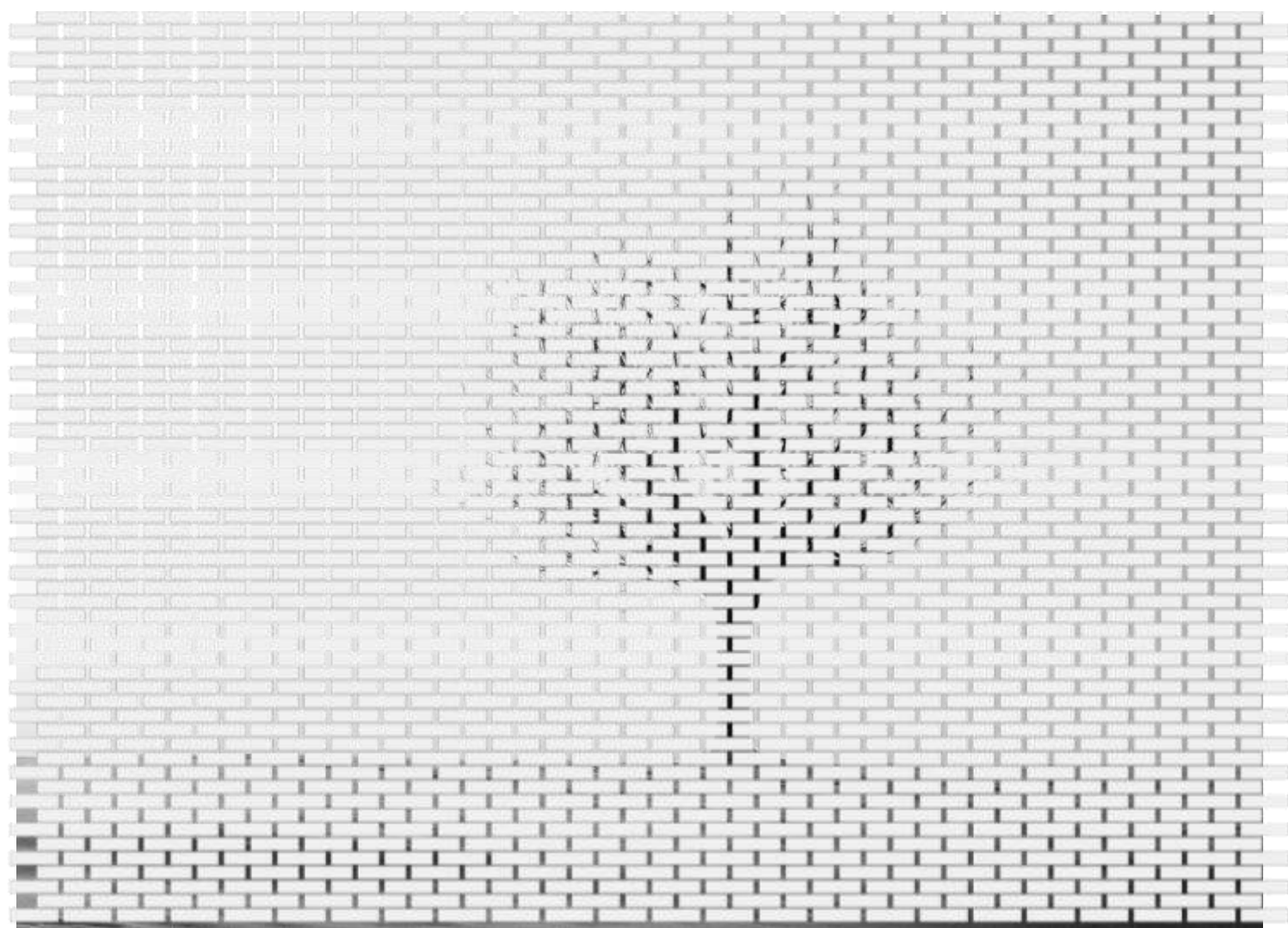
1.1: ECHANTILLON D'IMAGE & ROTATION



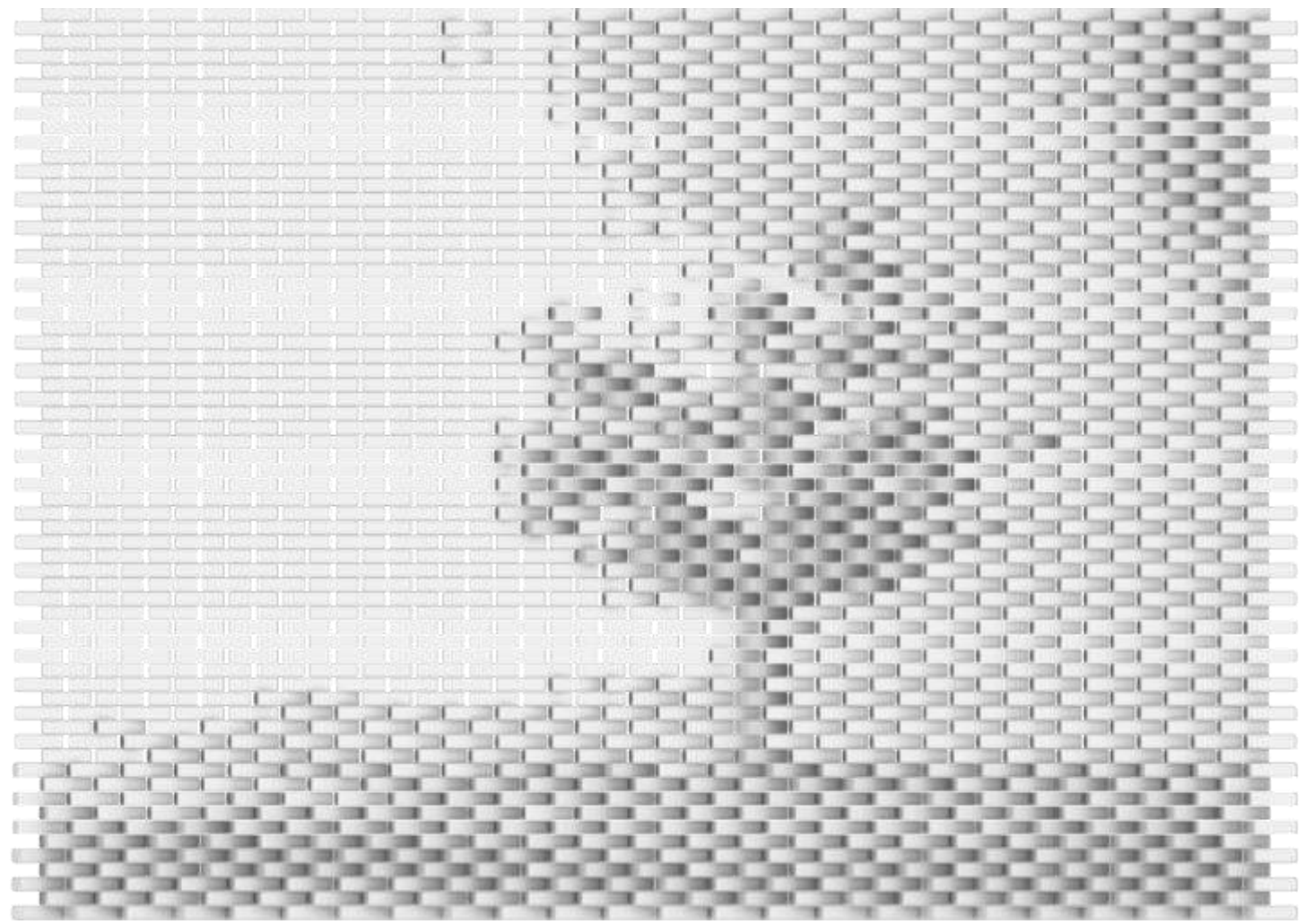
a- sélection de l'image.



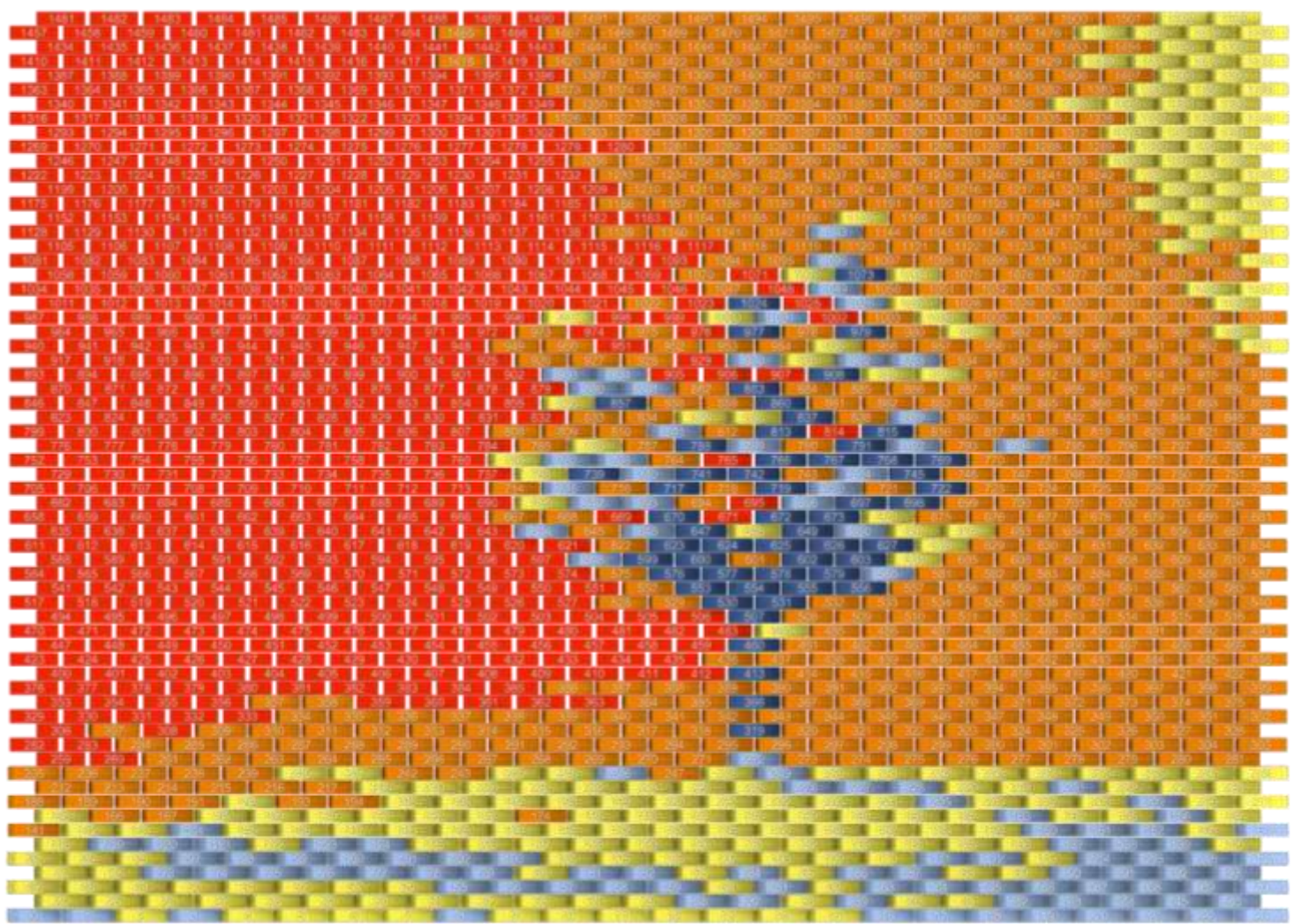
b- position des briques par type d'appareil



c- application des briques sur le mur

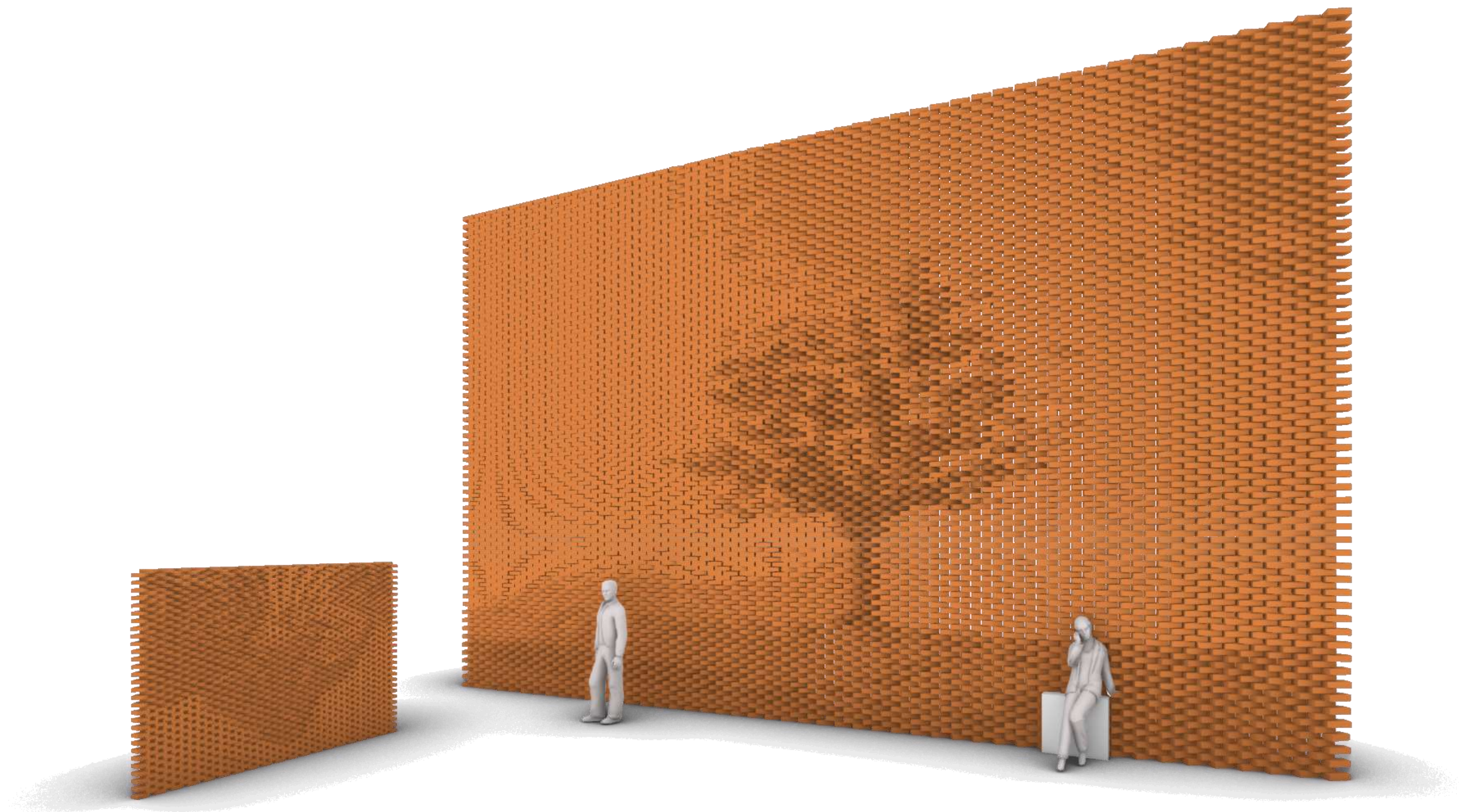


d- rotation des briques suivant couleur



e- détails de fabrications limitant le nombre d'angles de rotation, colorisation, numération.

- 40 deg. rotation
- 30 deg. rotation
- 20 deg. rotation
- 10 deg. rotation
- 0 deg. rotation



1.1 image exemple

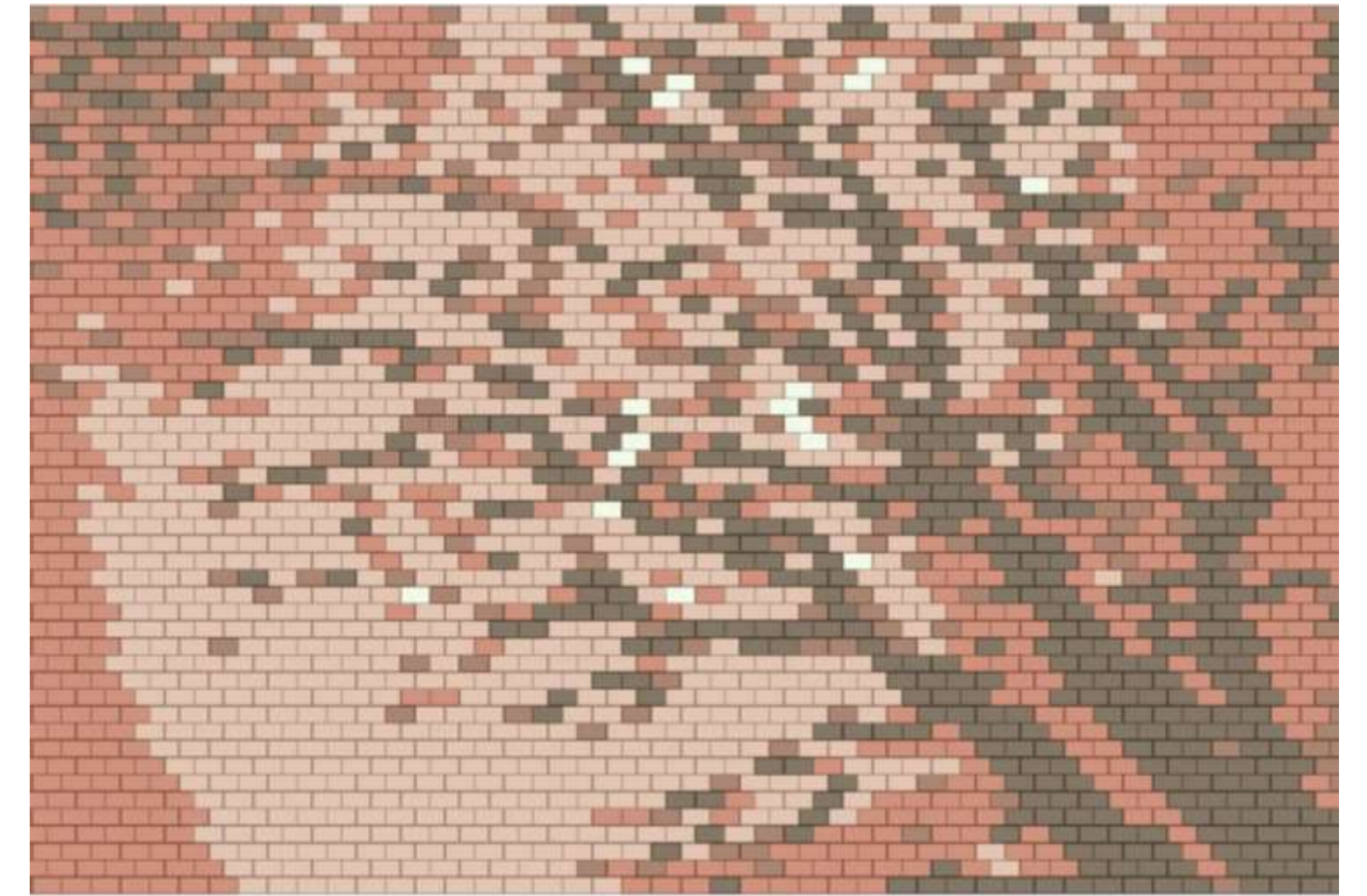
1.2: ECHANTILLON D'IMAGE & COLORISATION



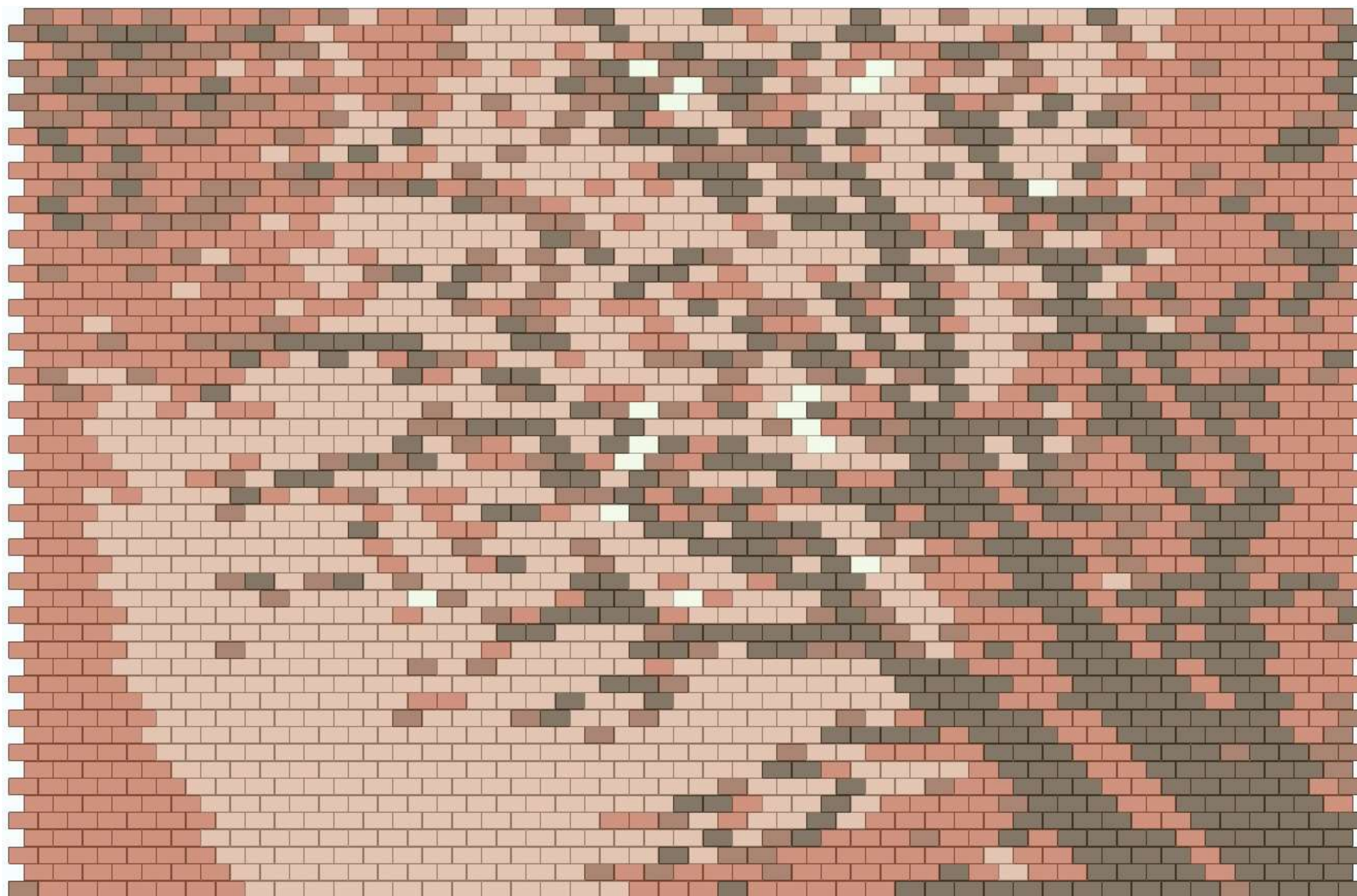
a- sélection de l'image.



b- position des centres des briques en fonction du type d'appareil.



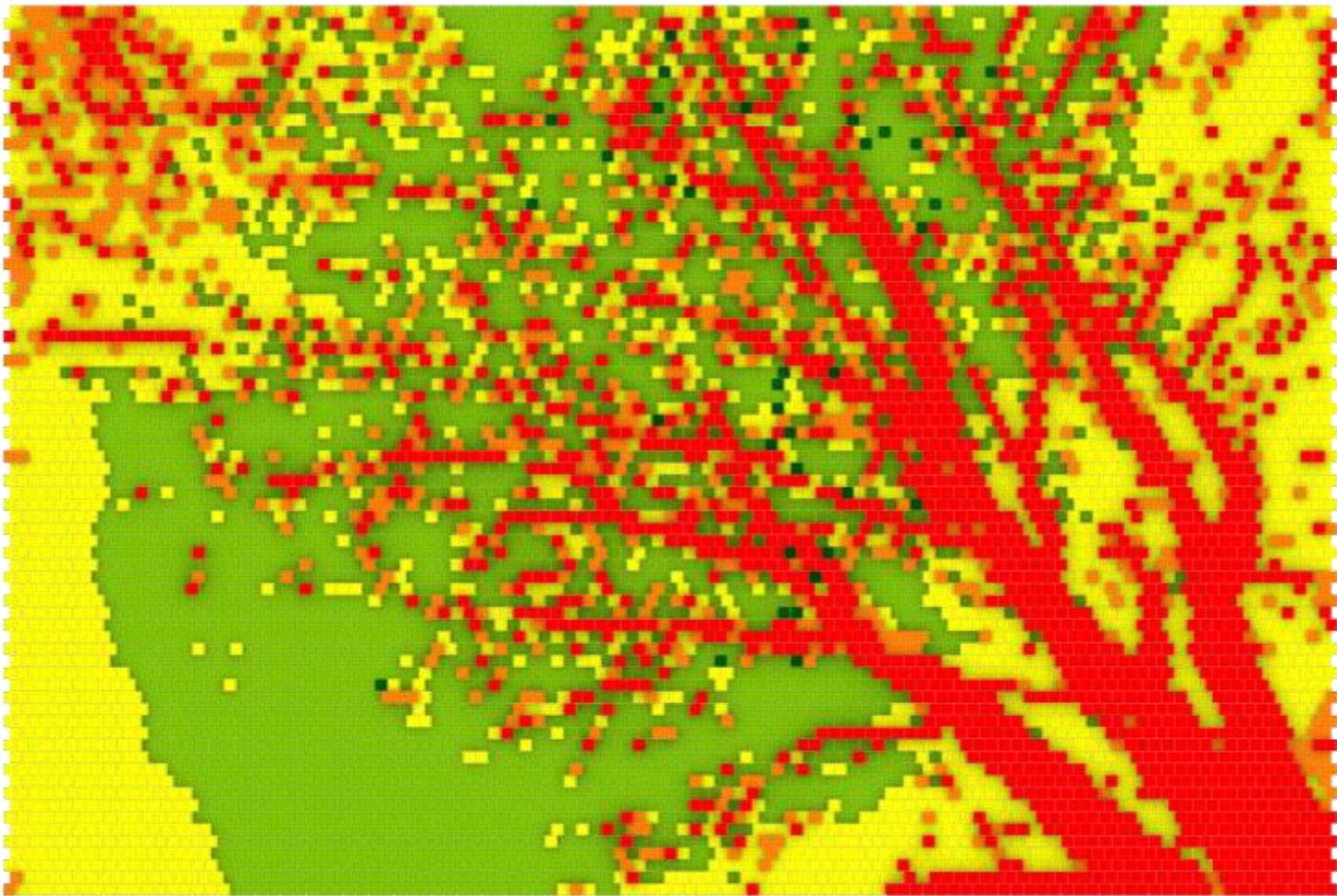
c- détails de fabrications limitant les couleurs et numérotation des briques.



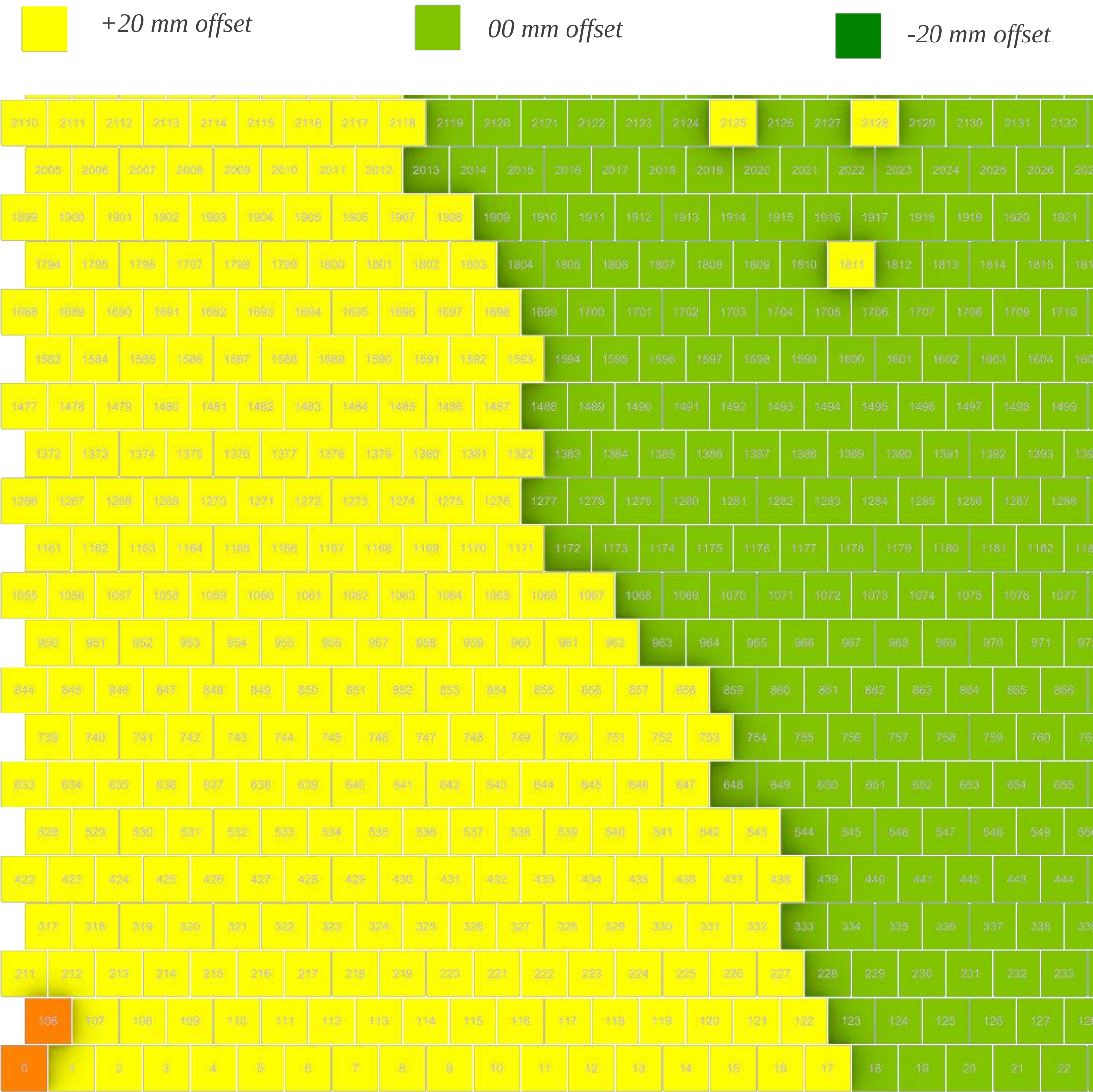
1.2 image exemple

1.3: ECHANTILLON D'IMAGE & TRANSLATION

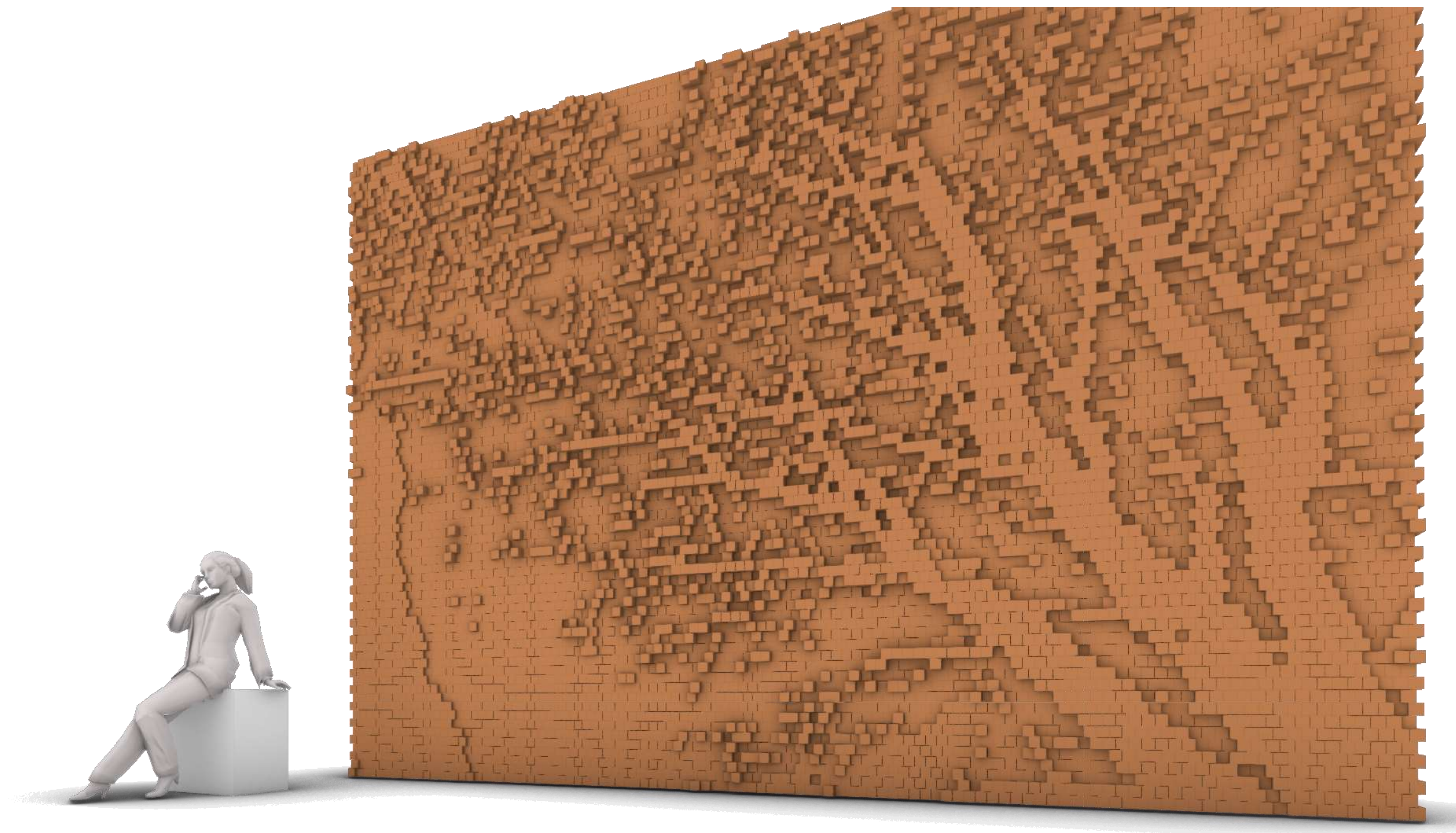
a- sélection de l'image.



b- détails de fabrications limitant les décalages et numérotation des briques.



c- exemple de numérotation.

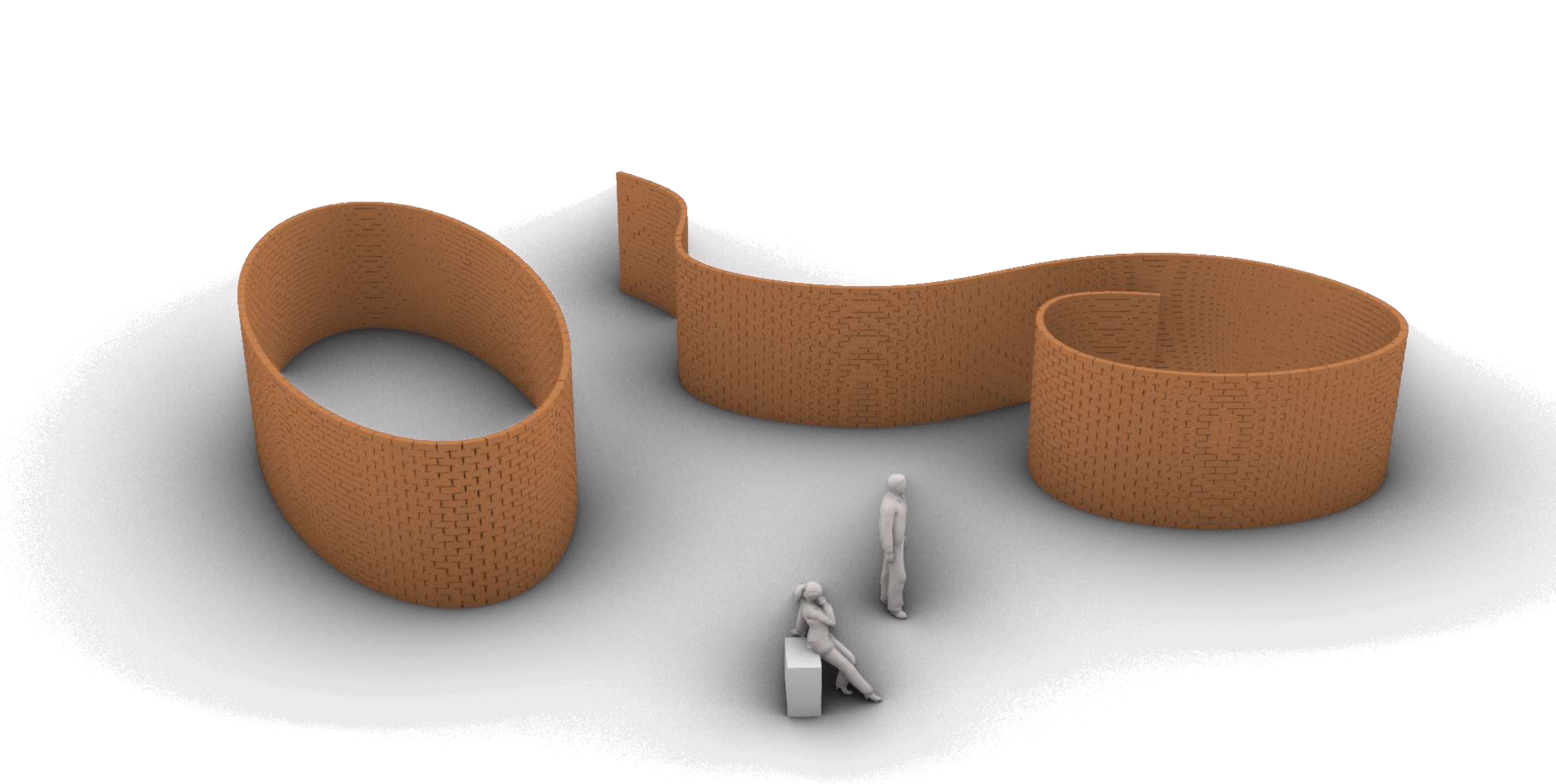


1.3 image exemple

2

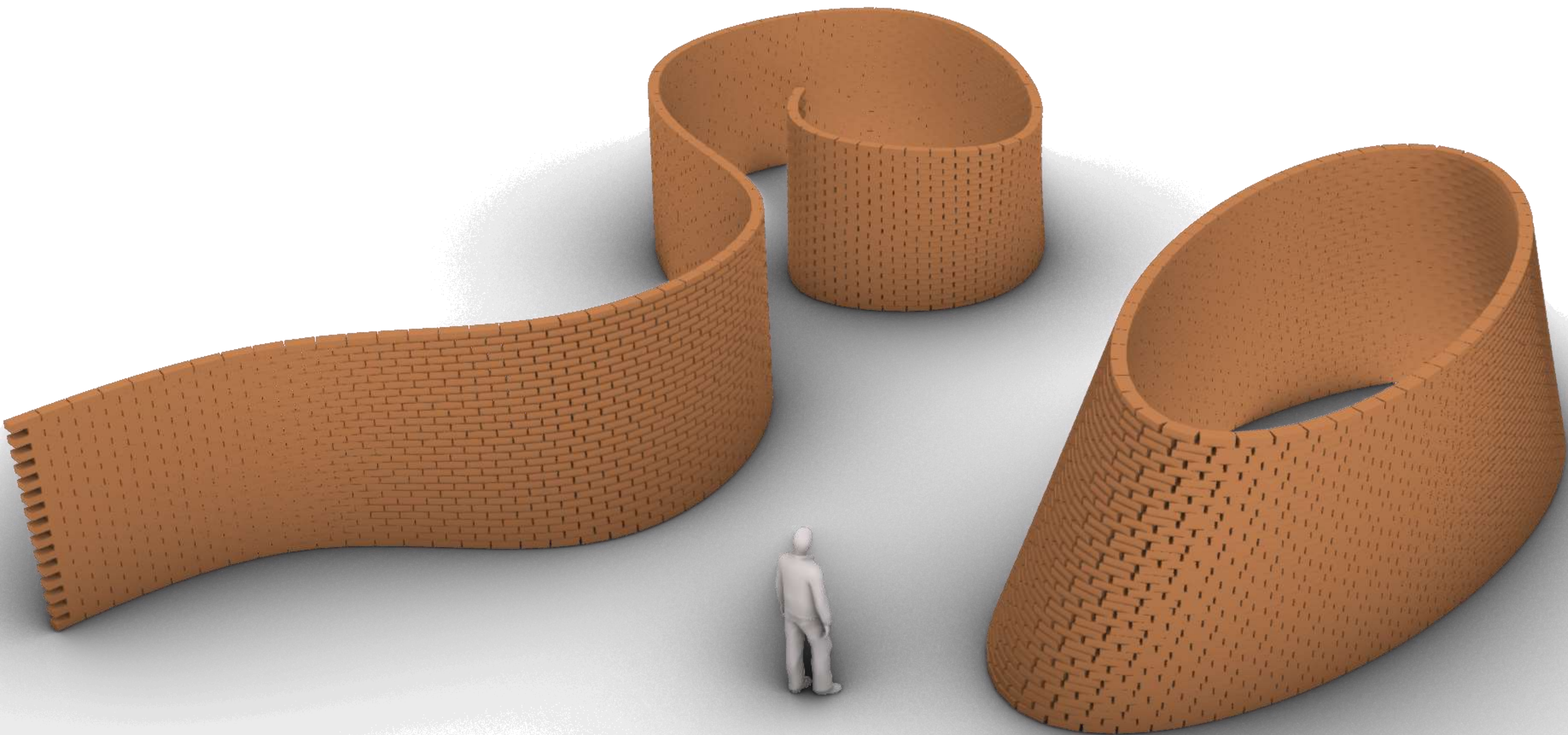
MURS DE BRIQUES EN COURBE APPAREIL PANNERESSE

2.1: COURBURE SIMPLE



2.1a image exemple

2.2: DOUBLE COURBURE



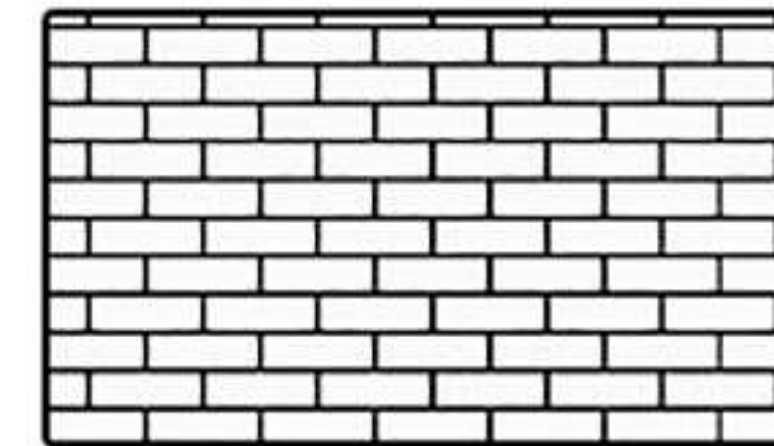
2.2a image exemple

3

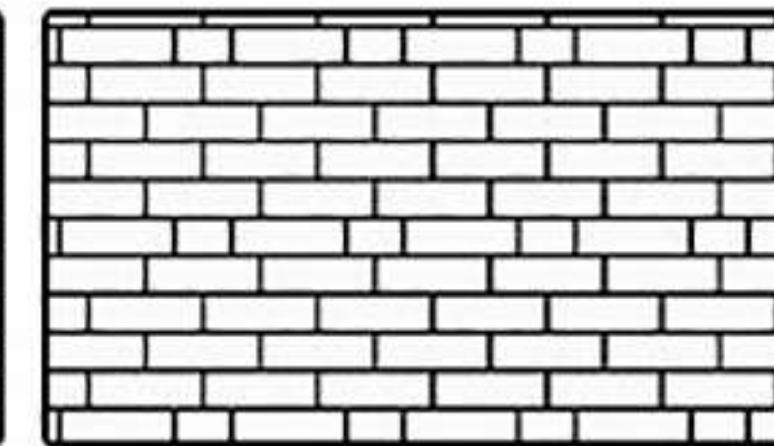
ALGORITHME DE BASE POUR APPAREILS MULTIPLES

AVANTAGES DE L'ALGORITHME:

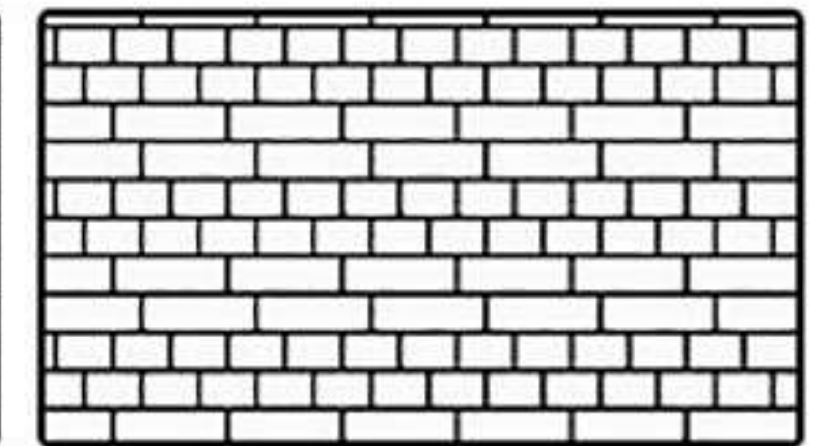
- Capacité de choisir des **appareil multiples**.
- Capacité de **regrouper et de manipuler des briques similaires** dans les murs.
- Capacité à générer plusieurs **motifs décoratifs** en appliquant la manipulation à chaque groupe de briques.
- Capacité à générer plusieurs **motifs perforés** en soustrayant les groupes de briques du mur.
- Peut être **utilisé pour comparer les performances** de différents types de murs « décoratifs » et leurs performances thermiques relatives.



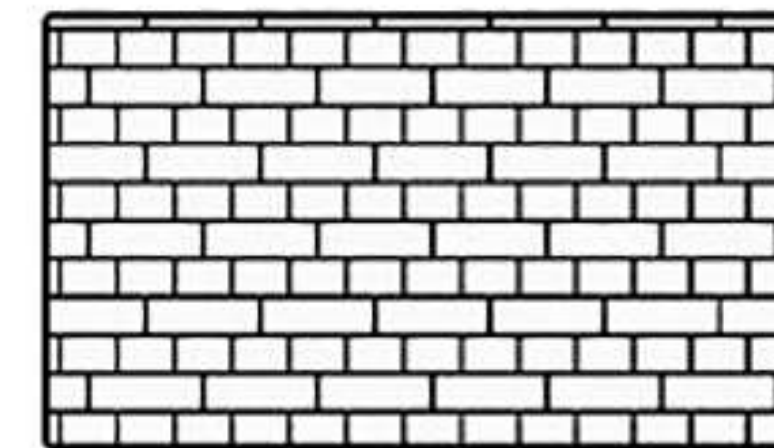
STRETCHER BOND



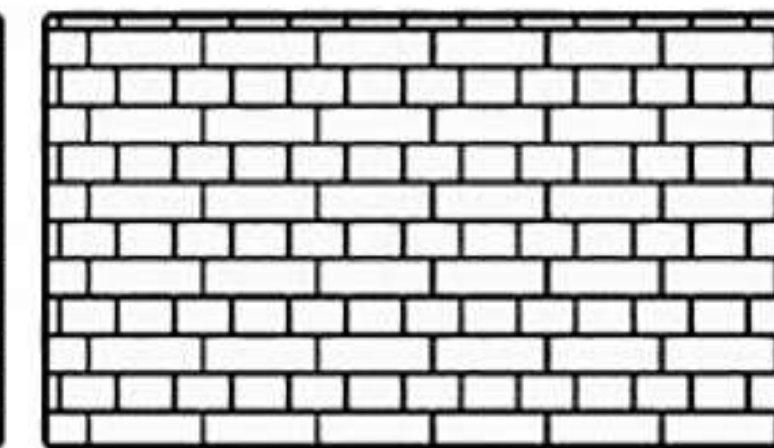
FLEMISH STRETCHER BOND



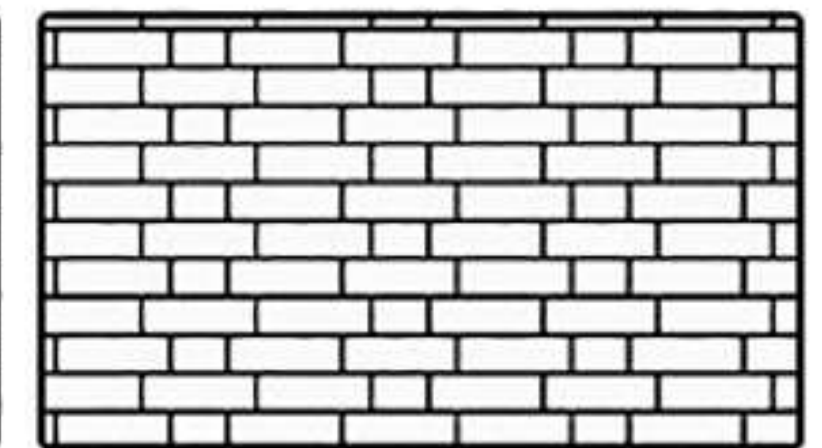
DOUBLE ENGLISH CROSS



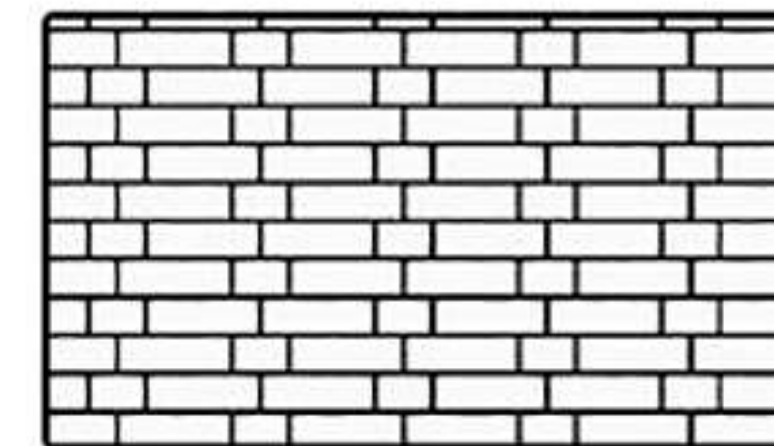
ENGLISH CROSS BOND



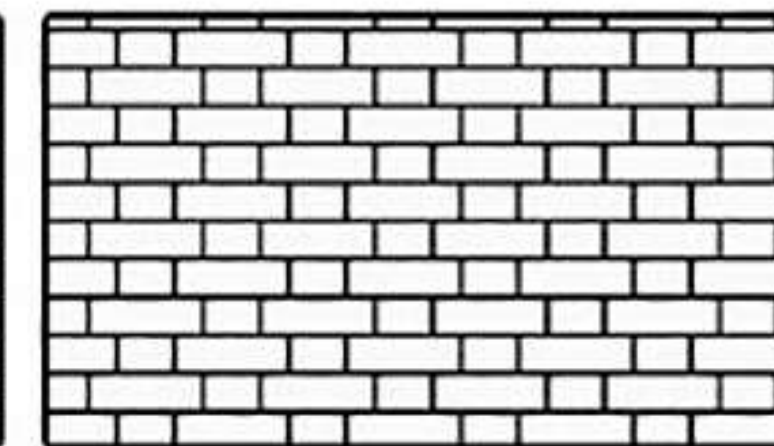
ENGLISH BOND



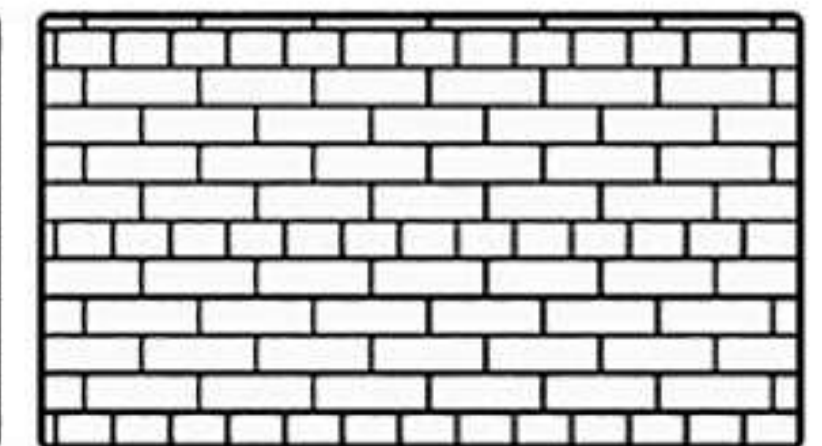
FLEMISH GARDEN WALL



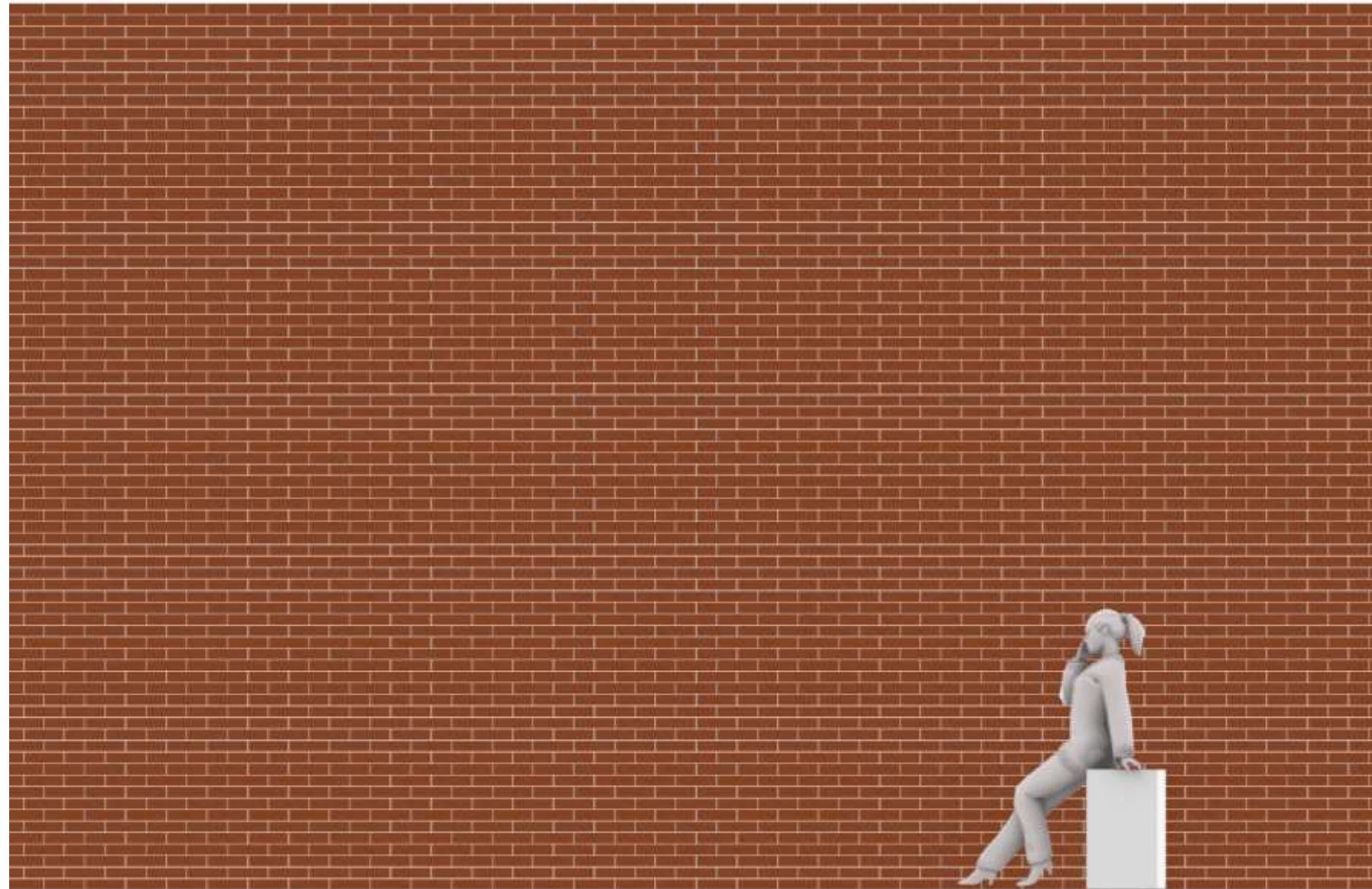
MONK BOND



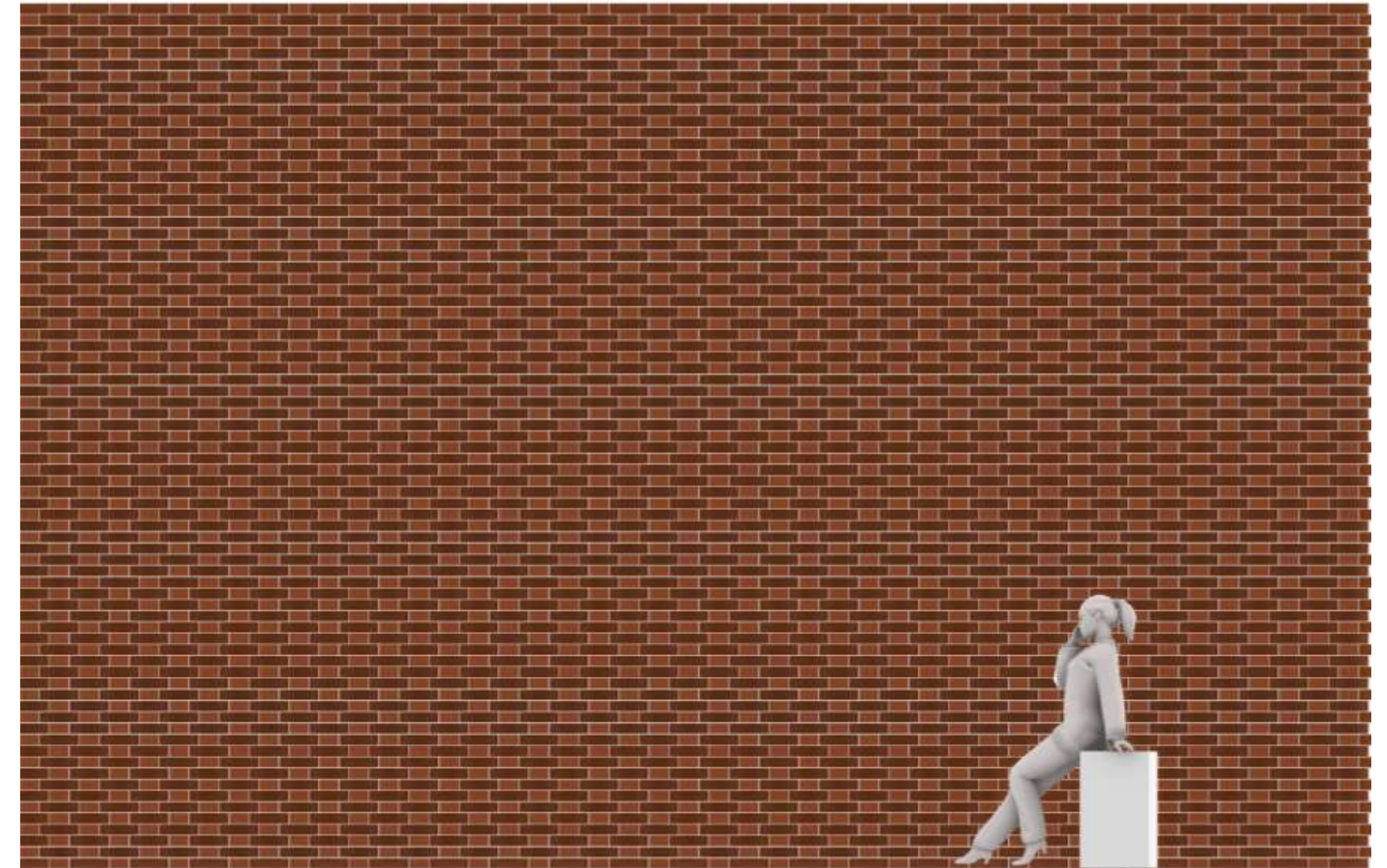
FLEMISH BOND



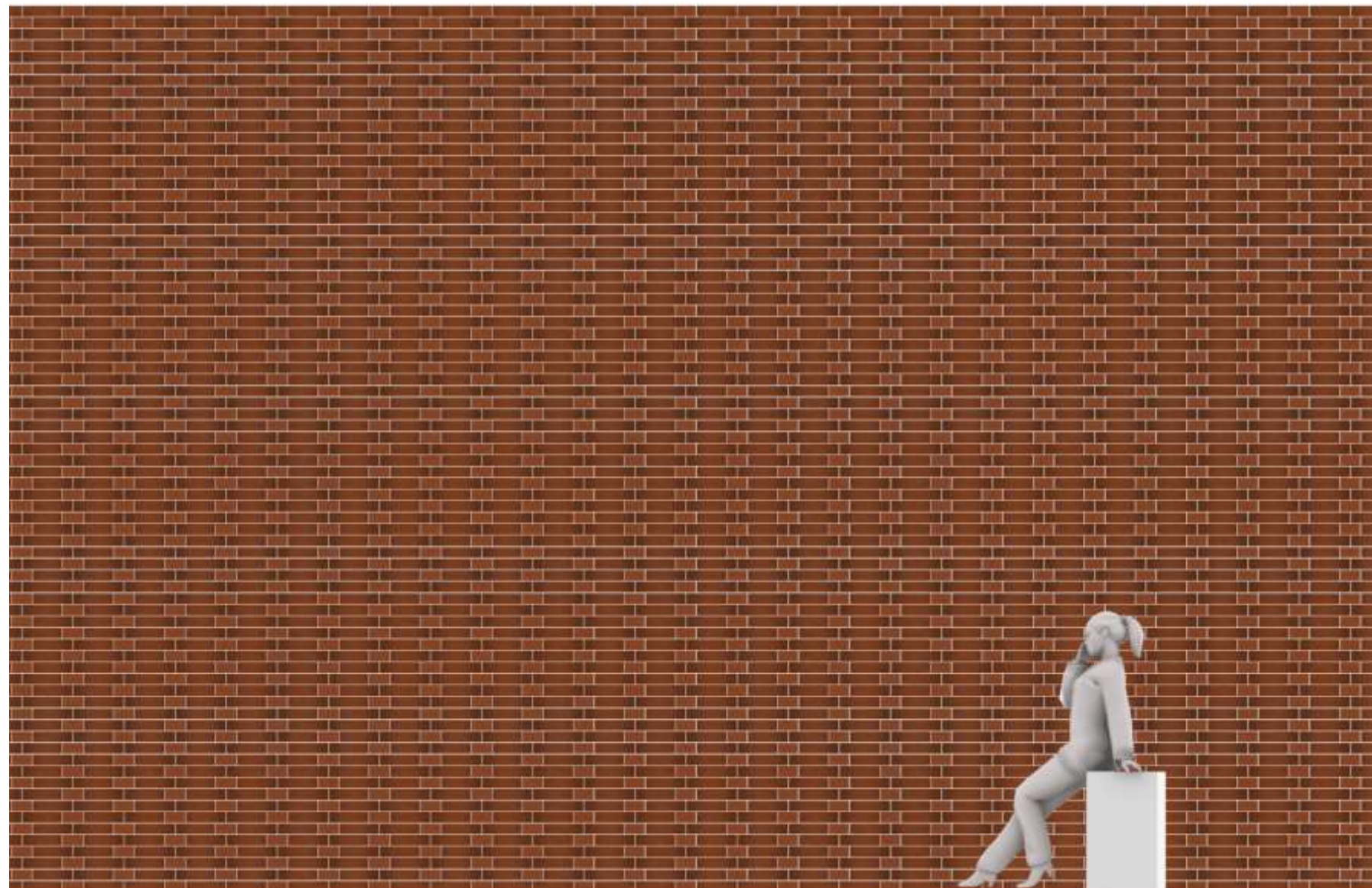
COMMON BOND



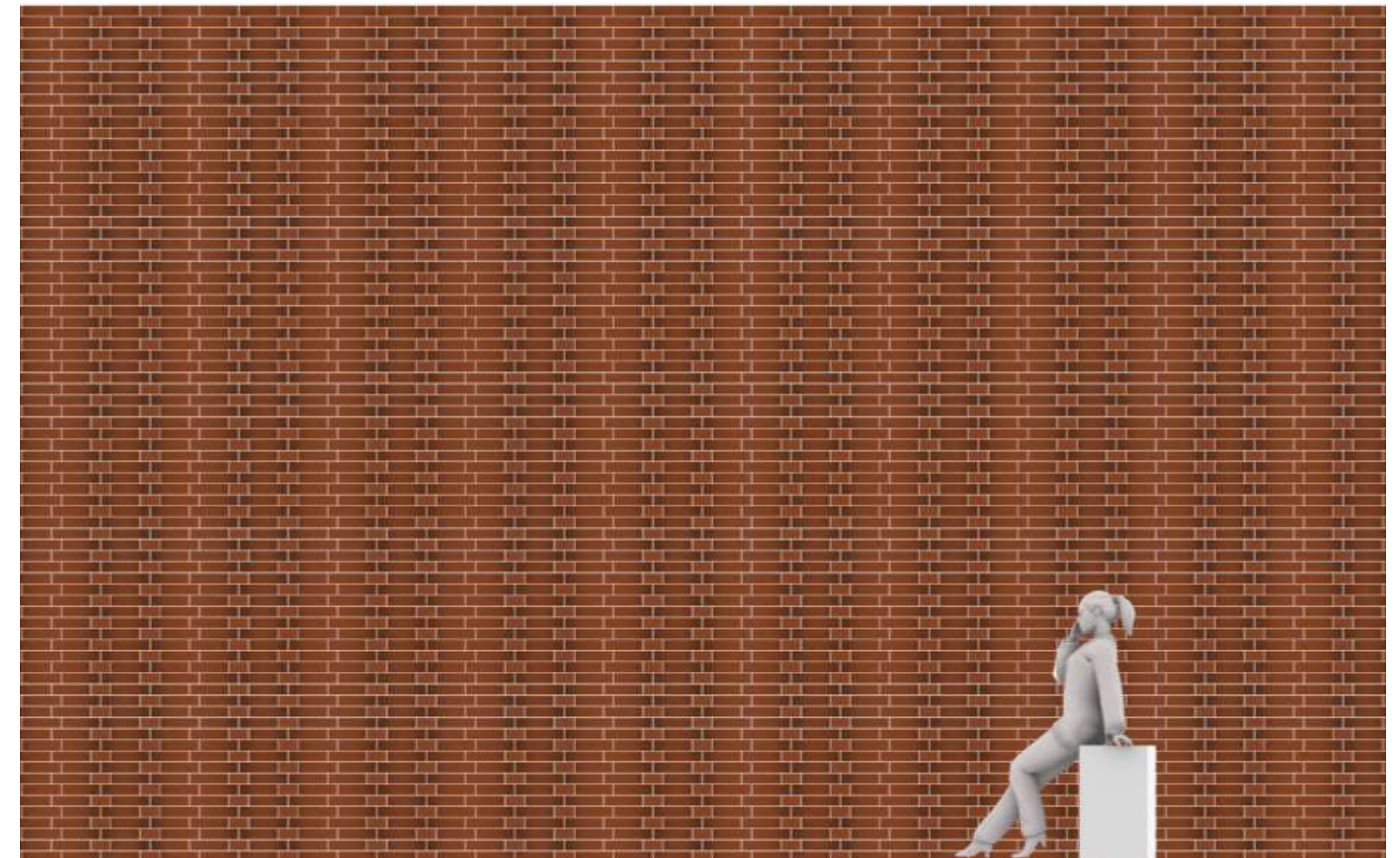
4a *Stretcher bond*



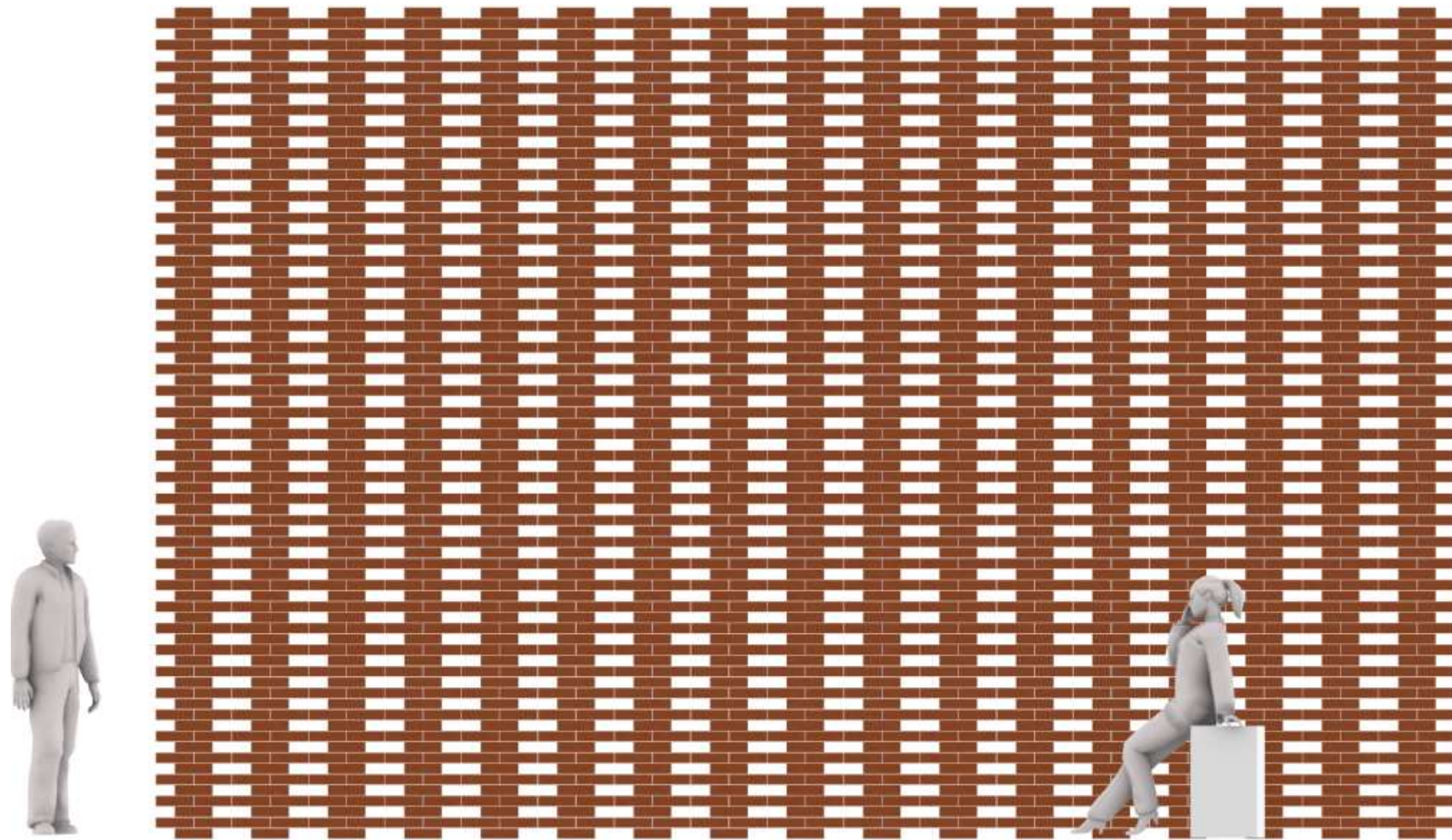
4b *Flemish bond*



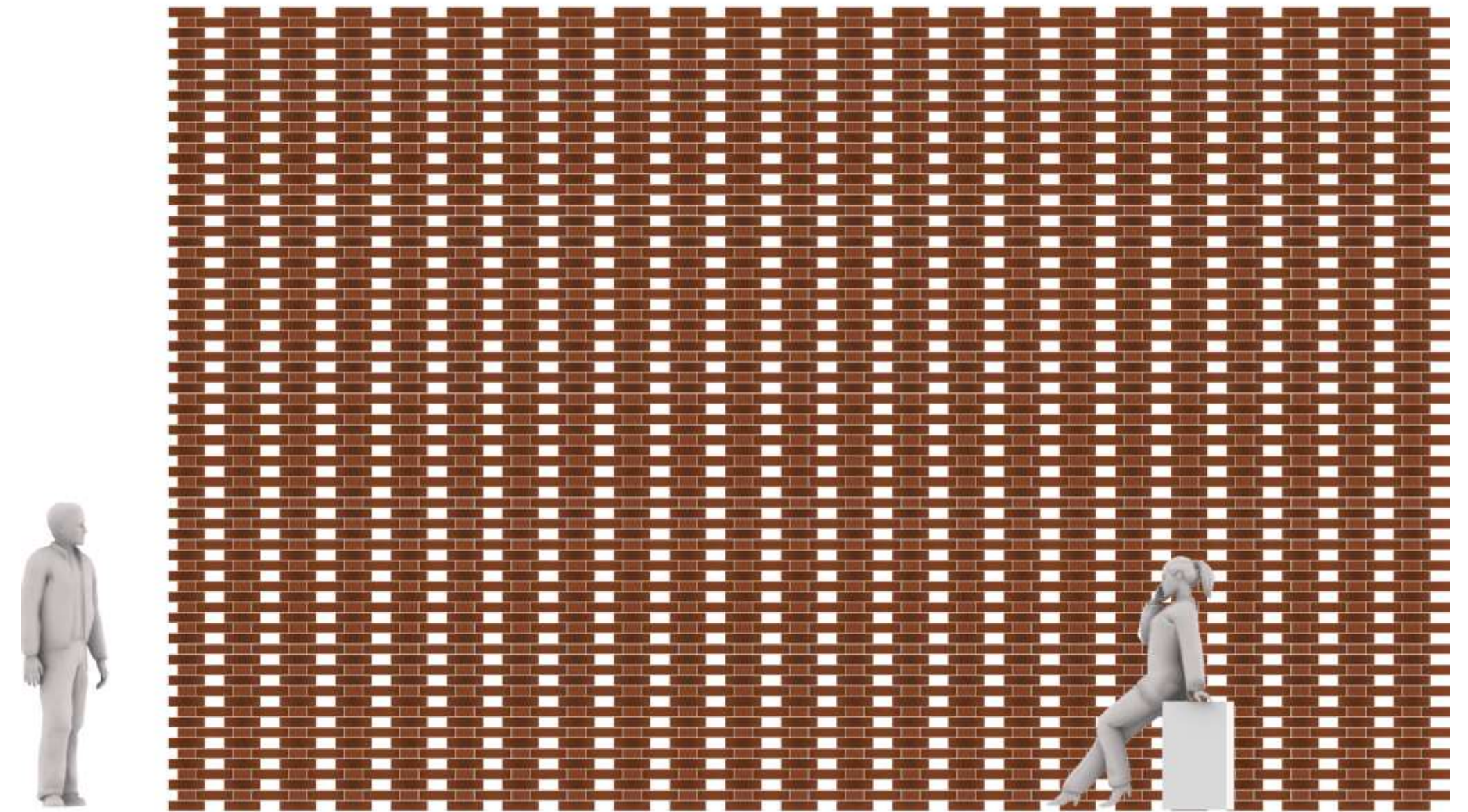
4c *Monk bond*



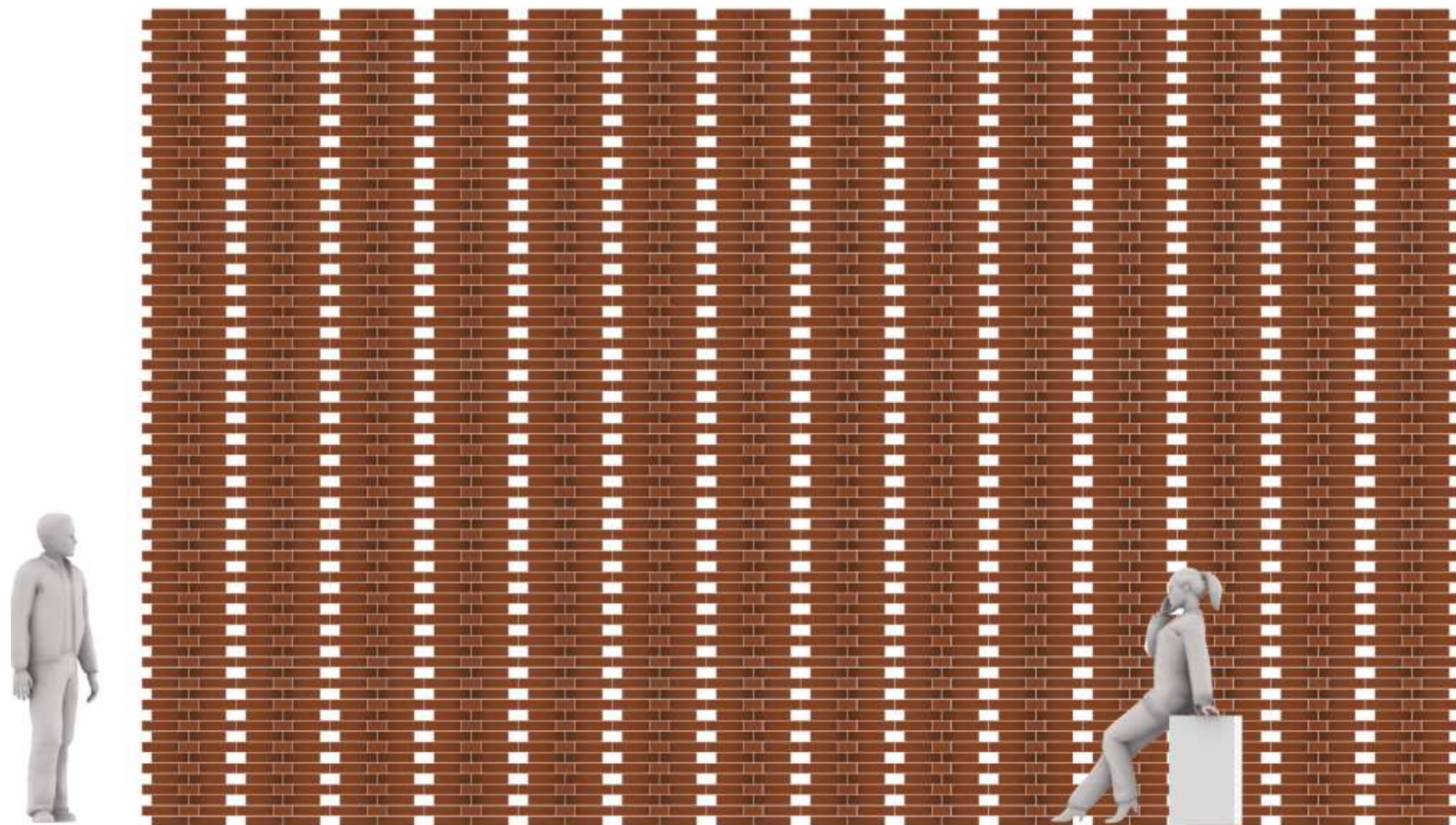
4d *Garden Flemish bond*



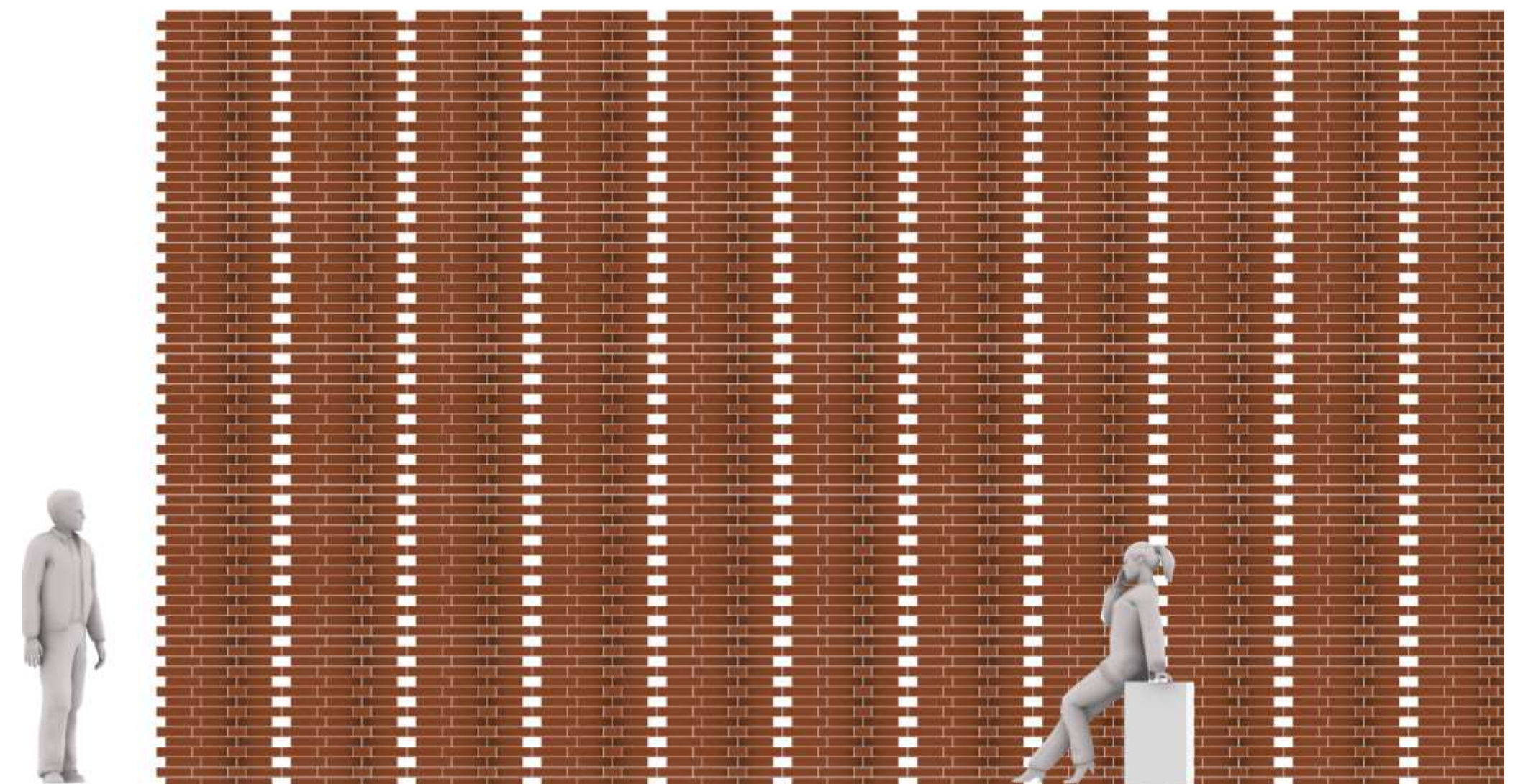
4e *Stretcher bond perforated*



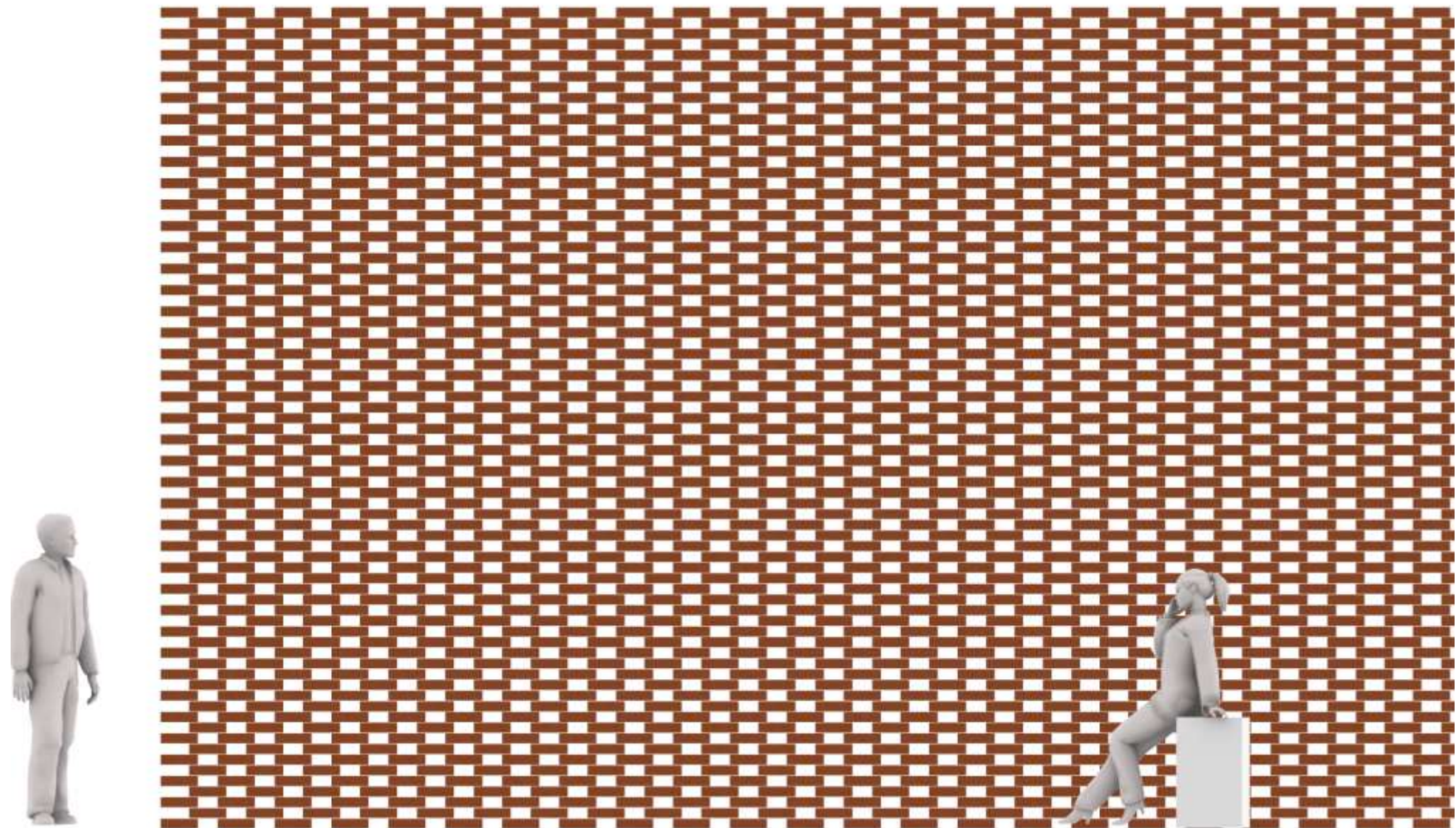
4f *Flemish bond perforated*



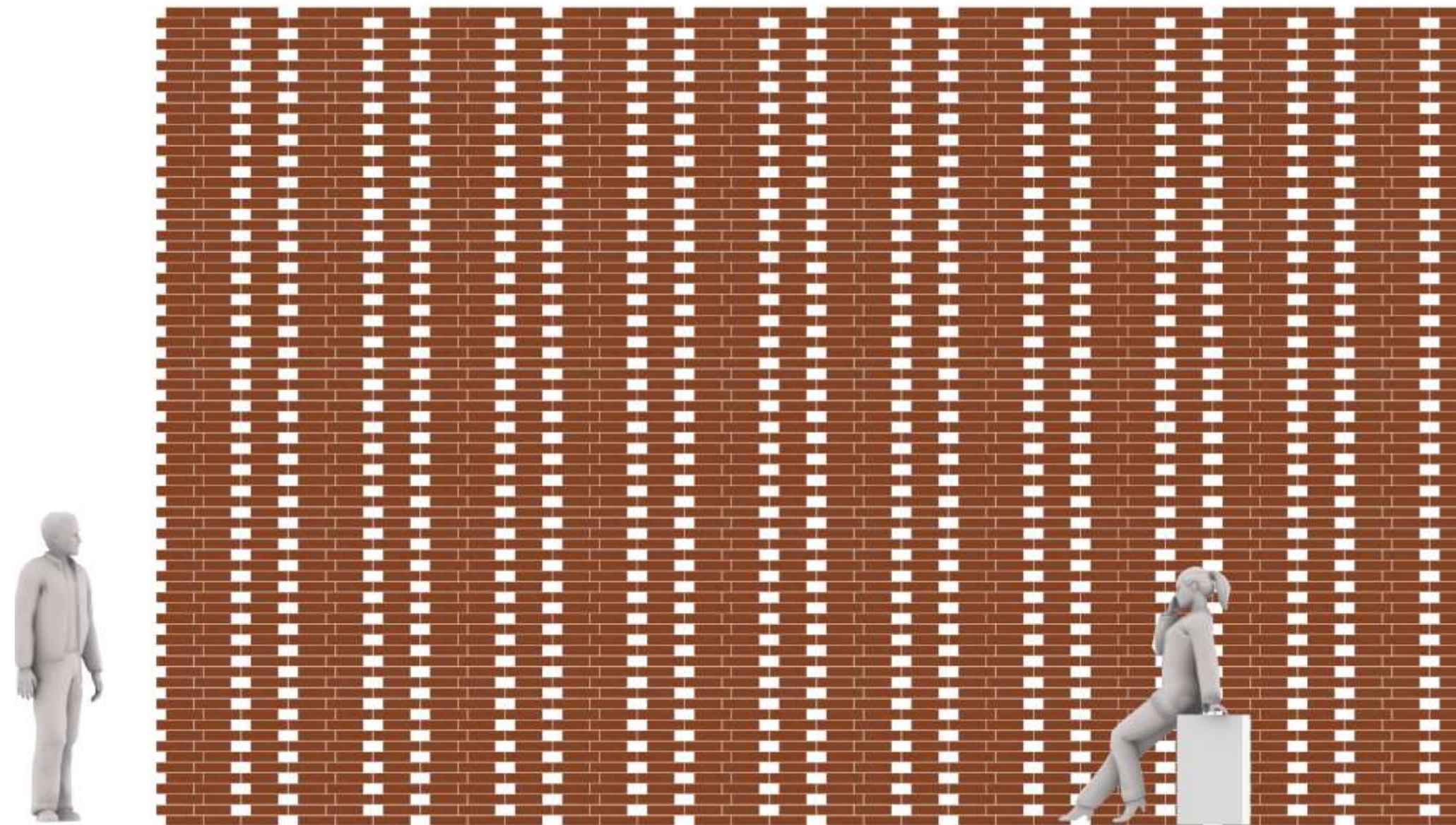
4g *Monk bond perforated*



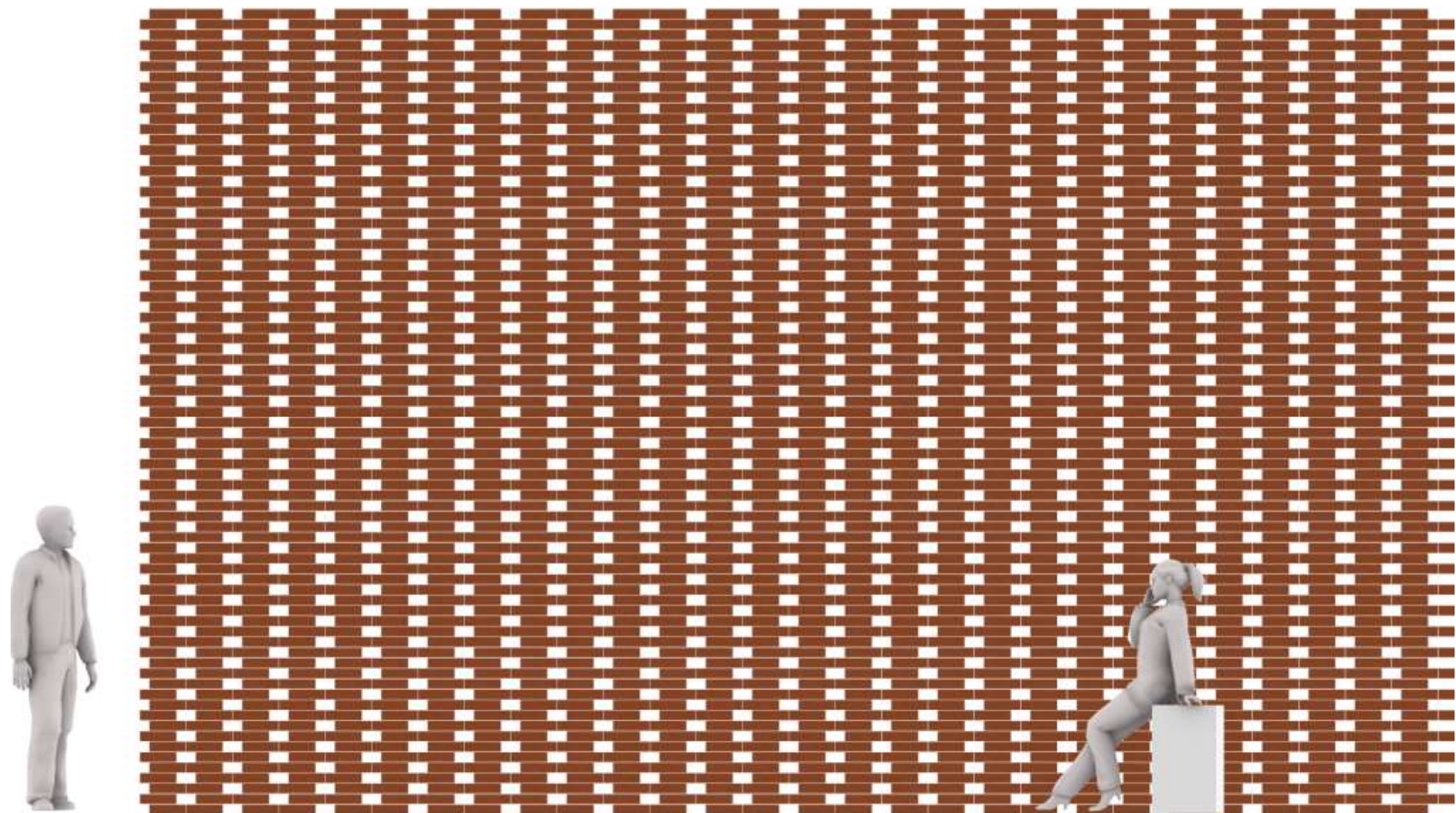
4h *Garden Flemish bond perforated*



4i *Flemish bond perforated 1*



4j *Garden Flemish bond perforated 1*

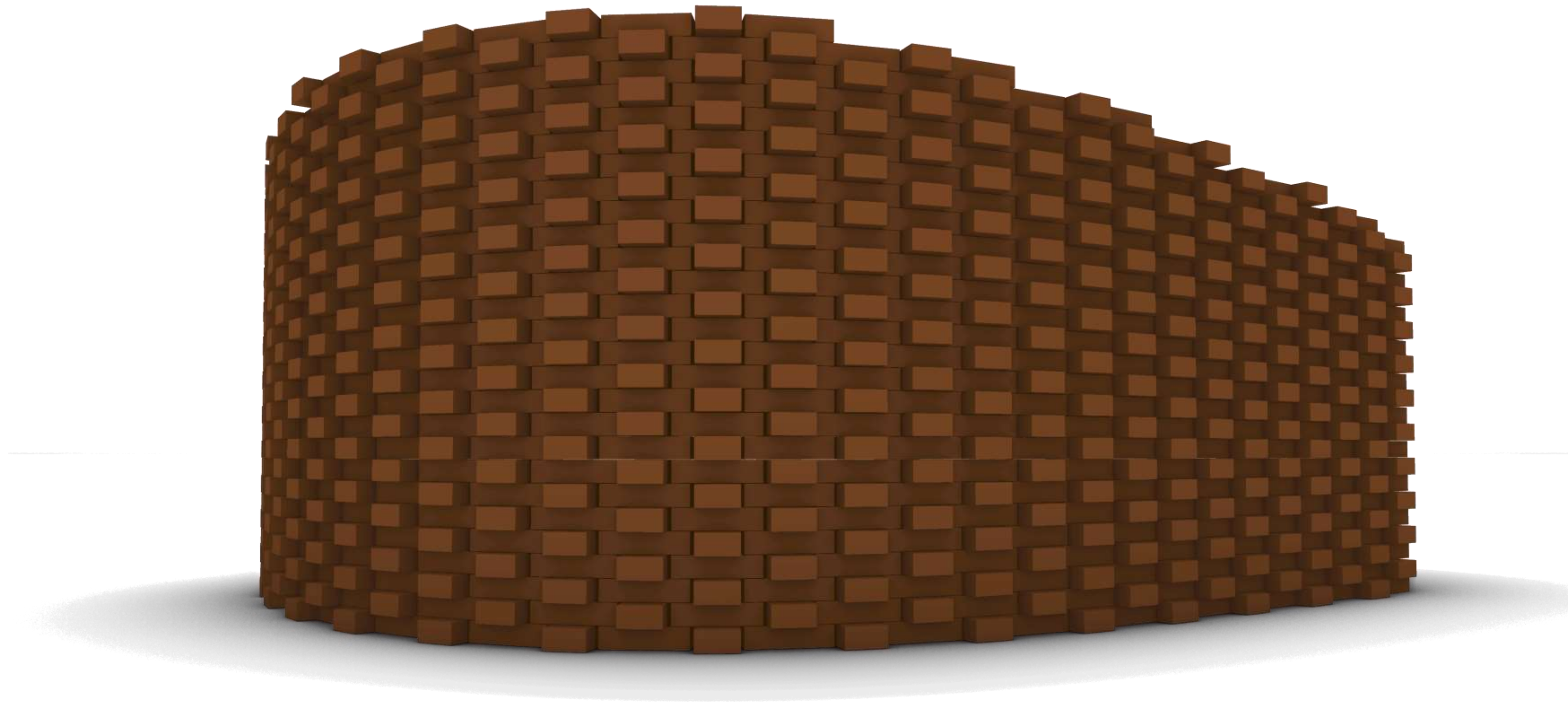


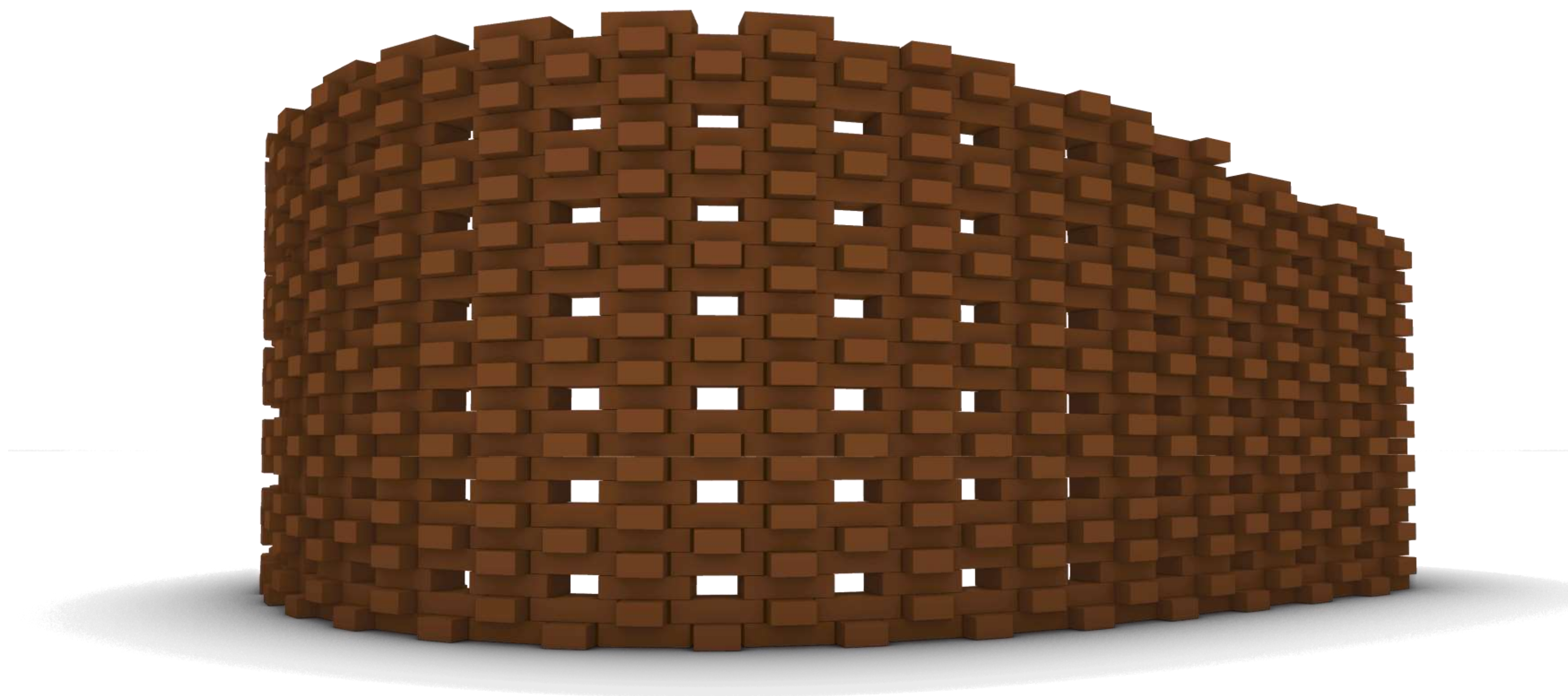
4k *Monk bond perforated 1*

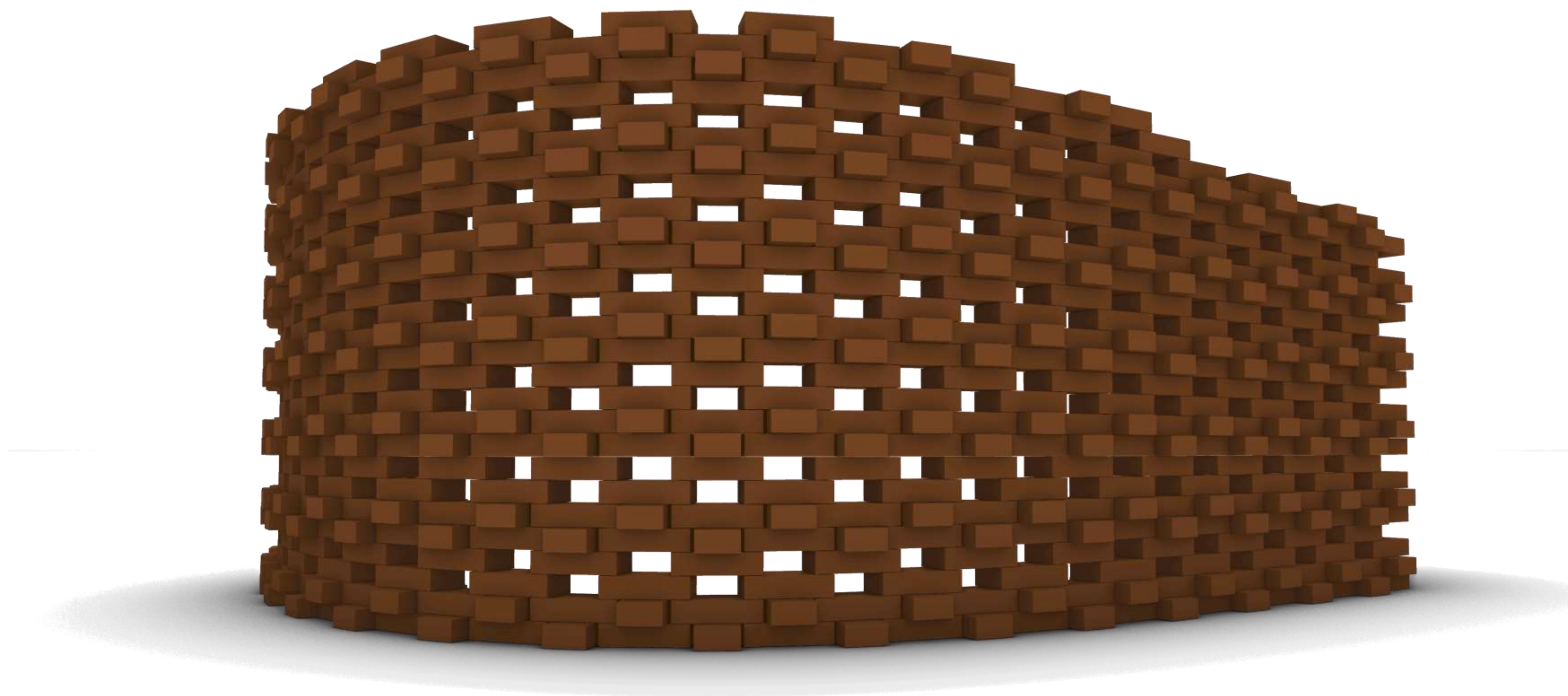
*Beaucoup d'autres options lors de la manipulation
des paramètres de l'algorithme*

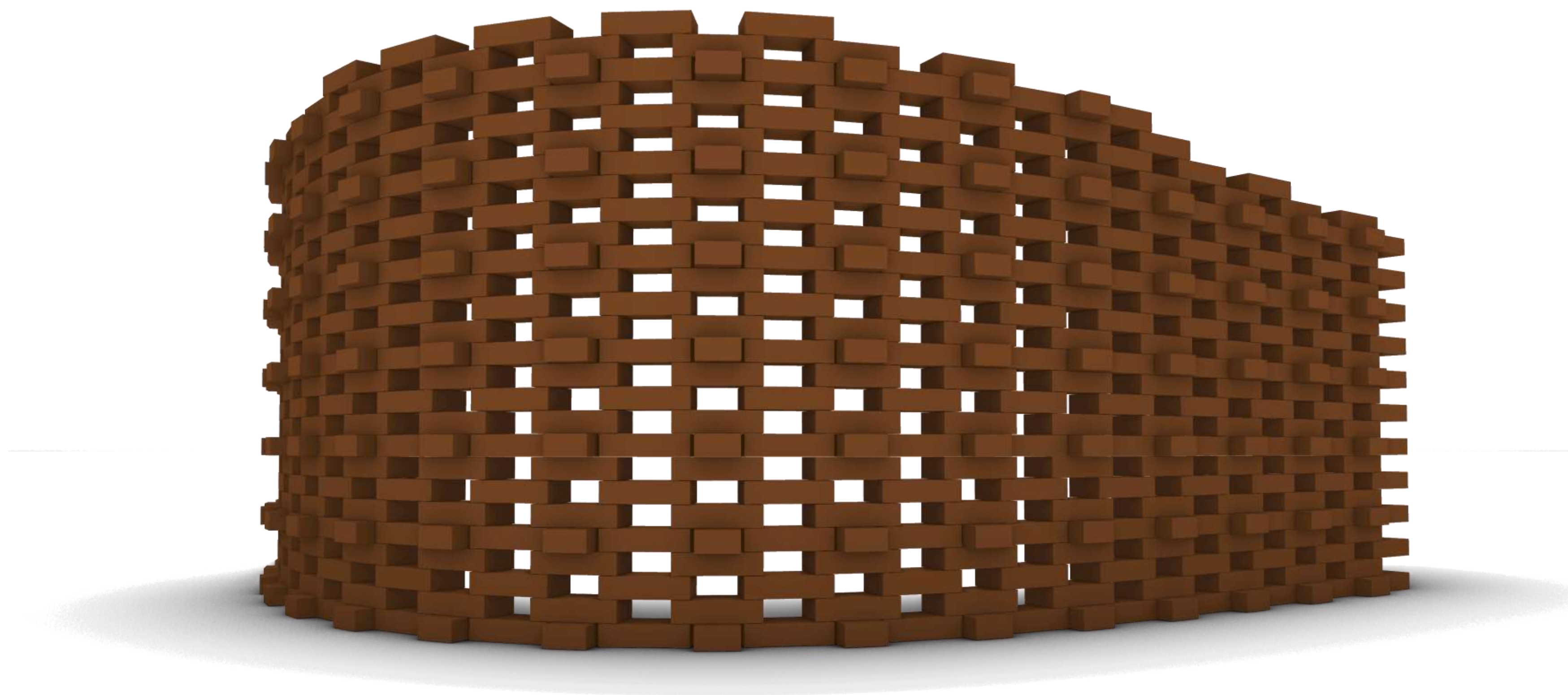
APPLICATION SUR DES MURS EN COURBE:

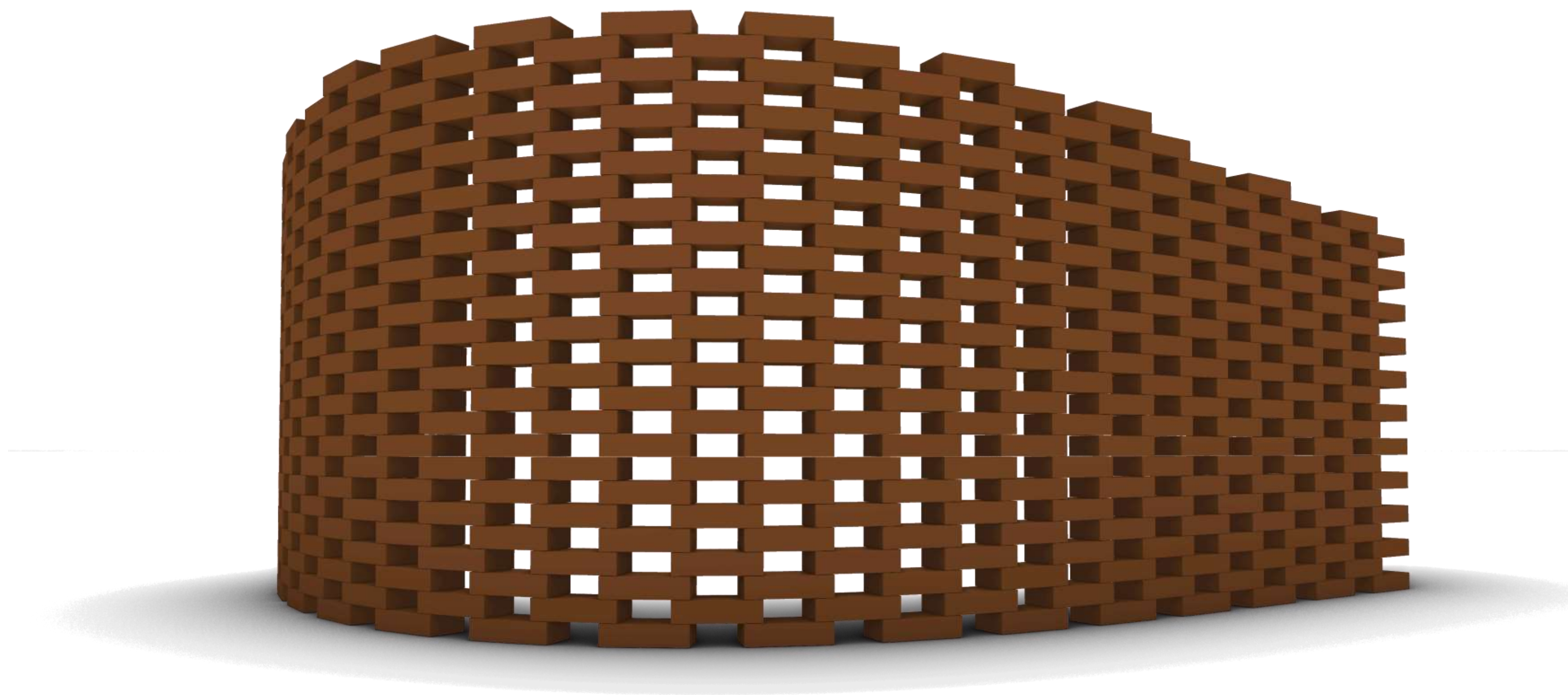
- *Base sur l'appareil flammant on peut manipuler les briques similaires dans le mur.*



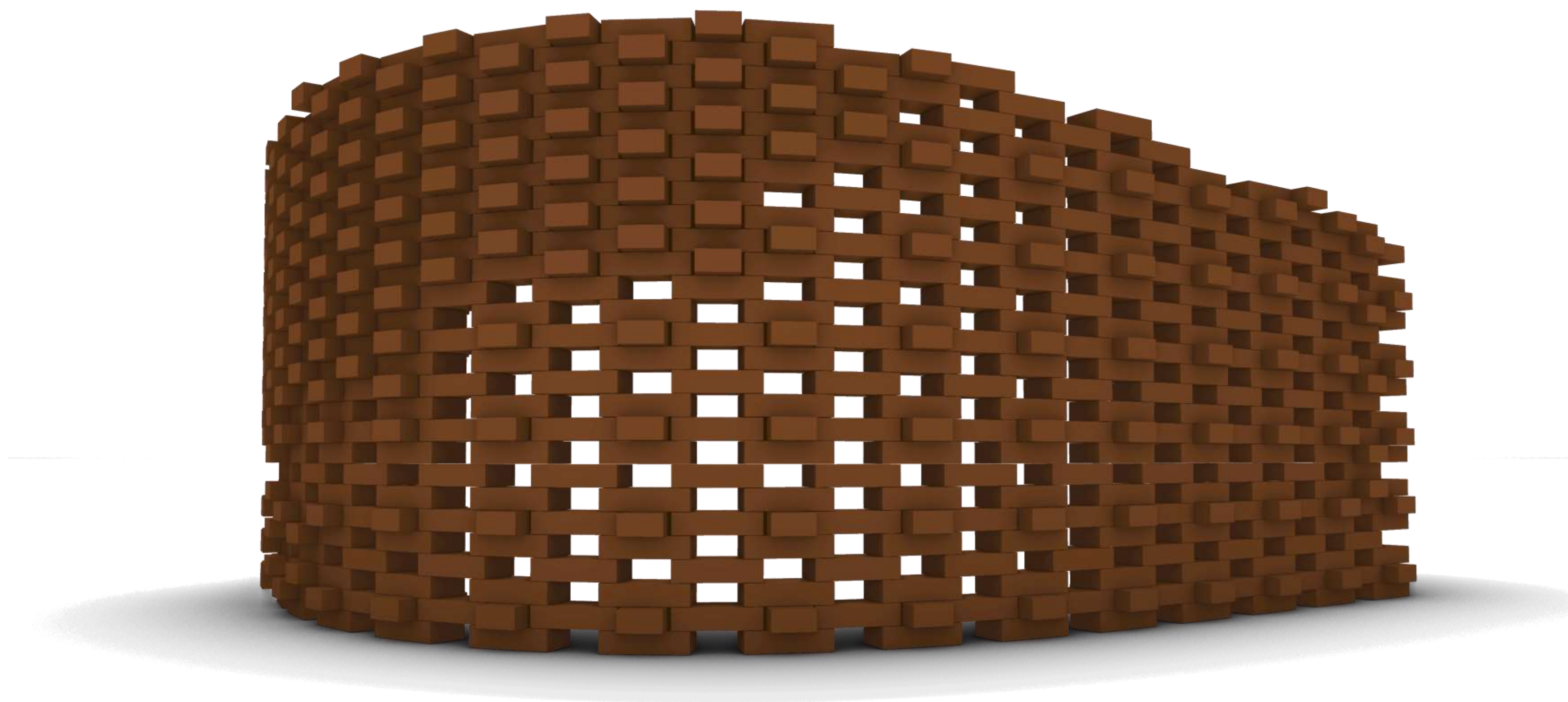








Suivant les couleurs d'une mesh



ALGORITHME DE DONNEES METEOROLOGIQUES

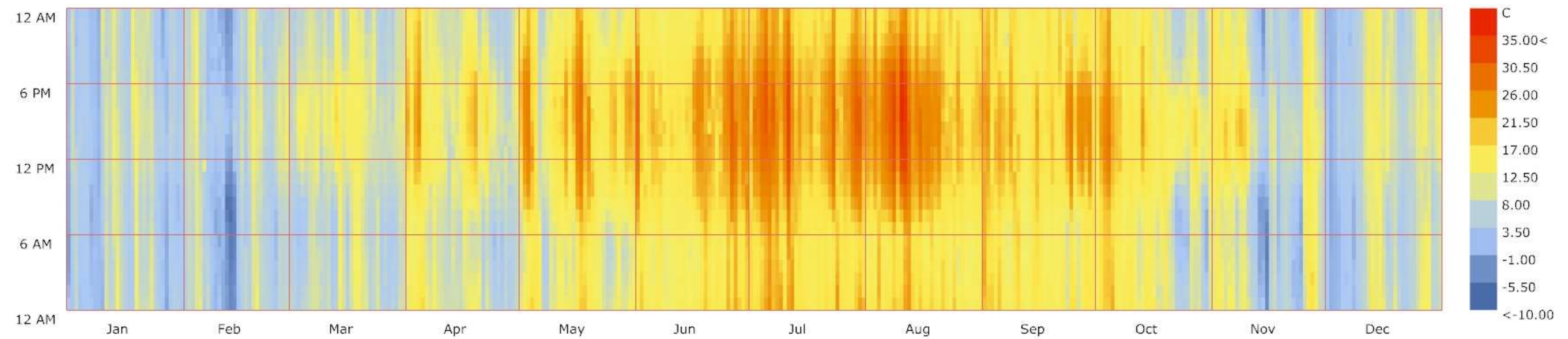
OJECTIFS:

*Afin d'appliquer les **décisions climatiques axées sur les performances des murs de briques**, un algorithme d'analyse des données météorologiques a été mis au point en utilisant les plugins **LadyBug** et **HoneyBee** pour **Rhino/Grasshopper**.*

*Pour le moteur de simulation de vent CFD, nous avons utilisé le logiciel **BlueCFD/OpenFoam** lié au **grasshopper** avec **Eddy3d** car il fournit un calcul simplifié qui est moins précis que d'autres logiciels tels que ANSYS, mais en retour, il donne des résultats plus rapides et nécessitent une puissance de calcul plus faible.*

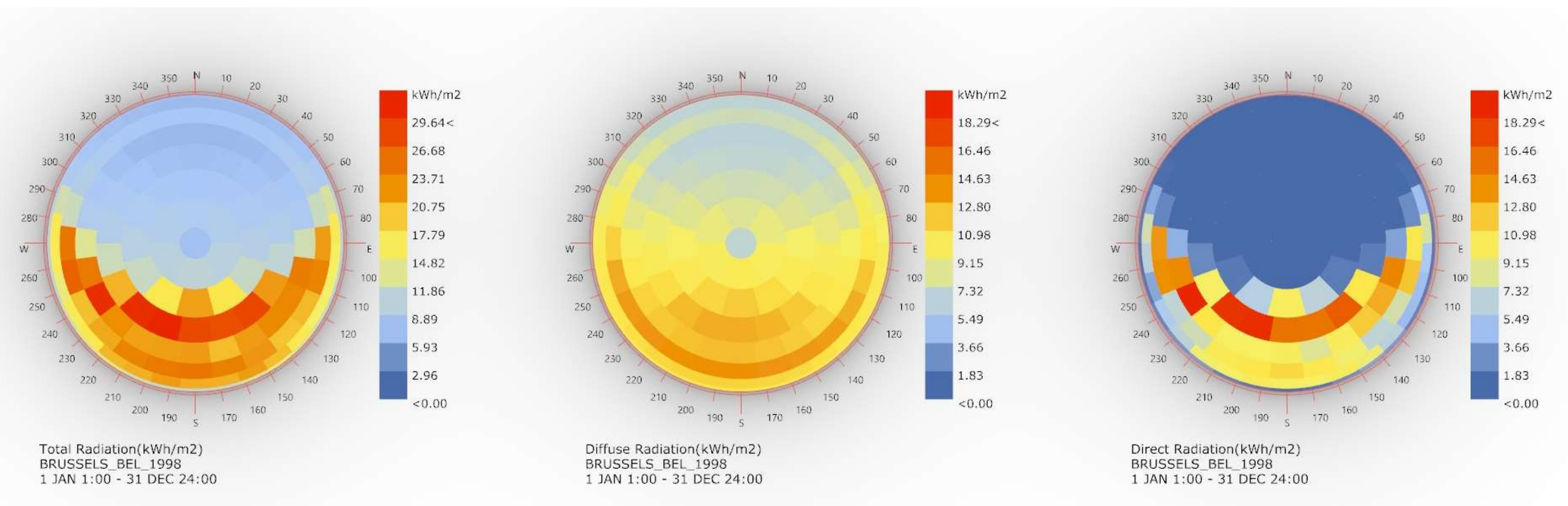
Ces définitions permettront d'extraire des données météorologiques pour des endroits spécifiques (dans ce cas, nous avons choisi Lille nord de la France) tels que:

- *Température*
- *Température radiante moyenne*
- *Energie de radiation solaire*
- *Direction et Vitesse du vent*
- *Humidité*
- *Paramètres de confort extérieur*

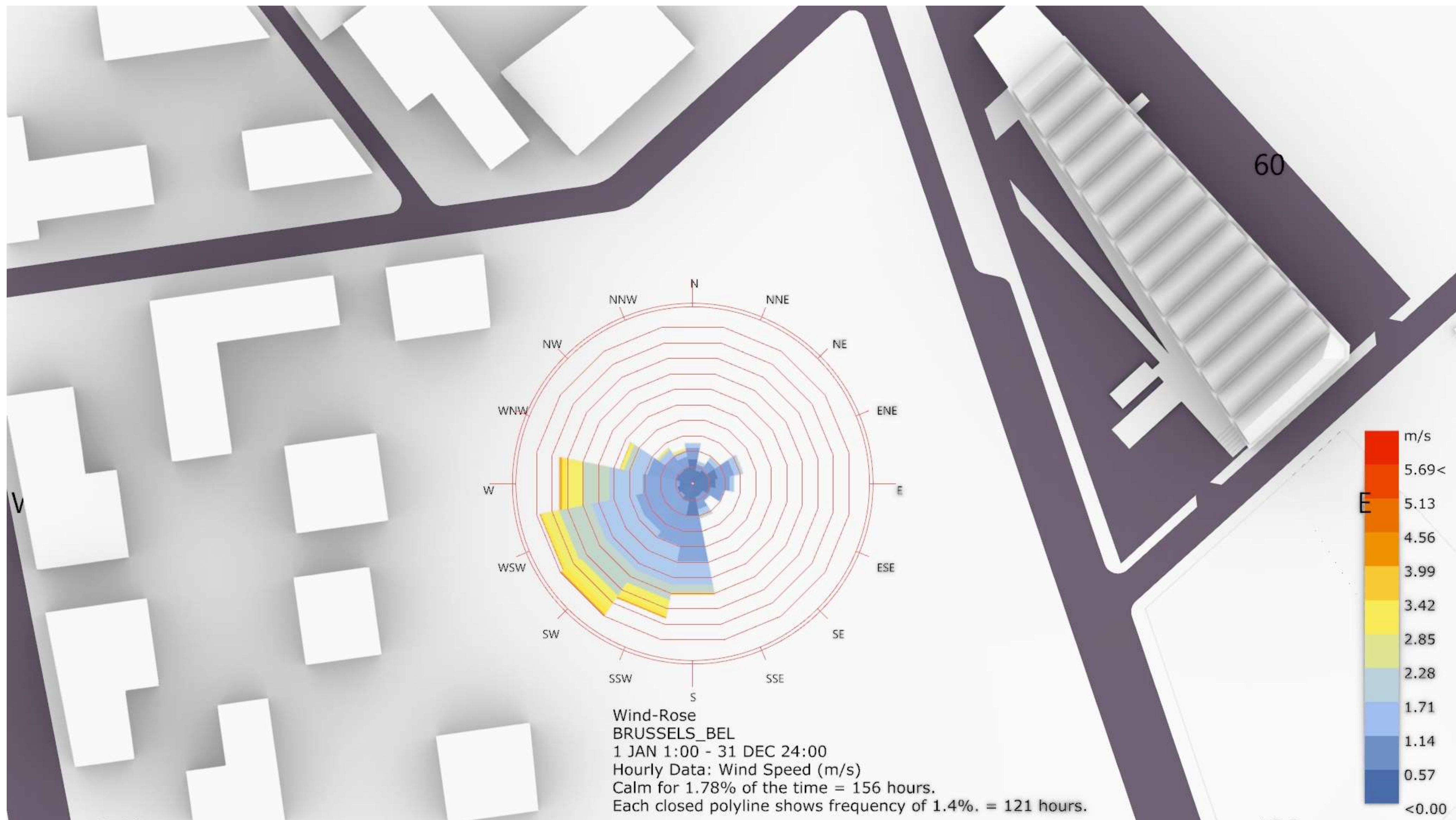


Dry Bulb Temperature (C) - Hourly
BRUSSELS_BEL
1 JAN 1:00 - 31 DEC 24:00

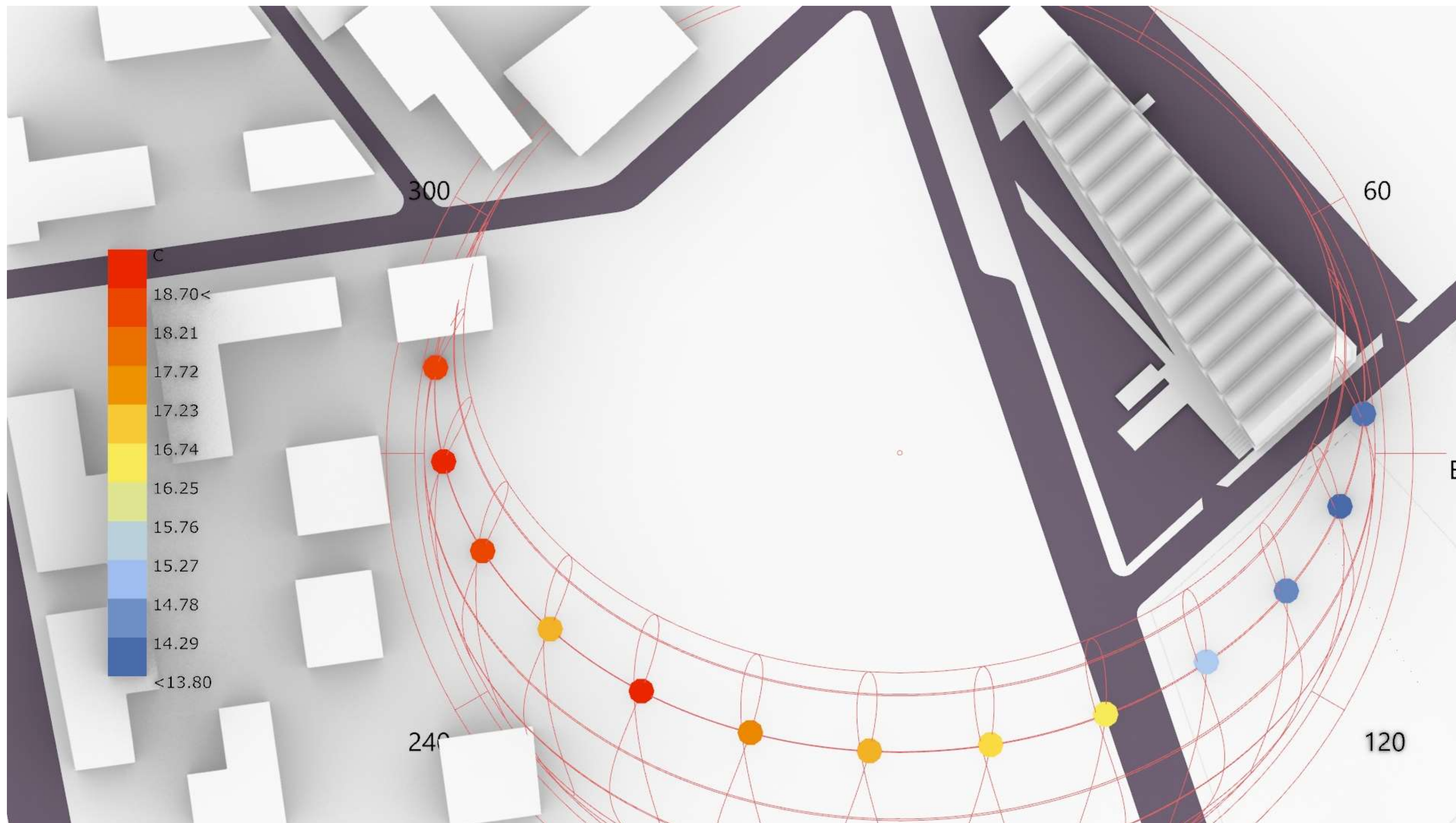
Température annuelle



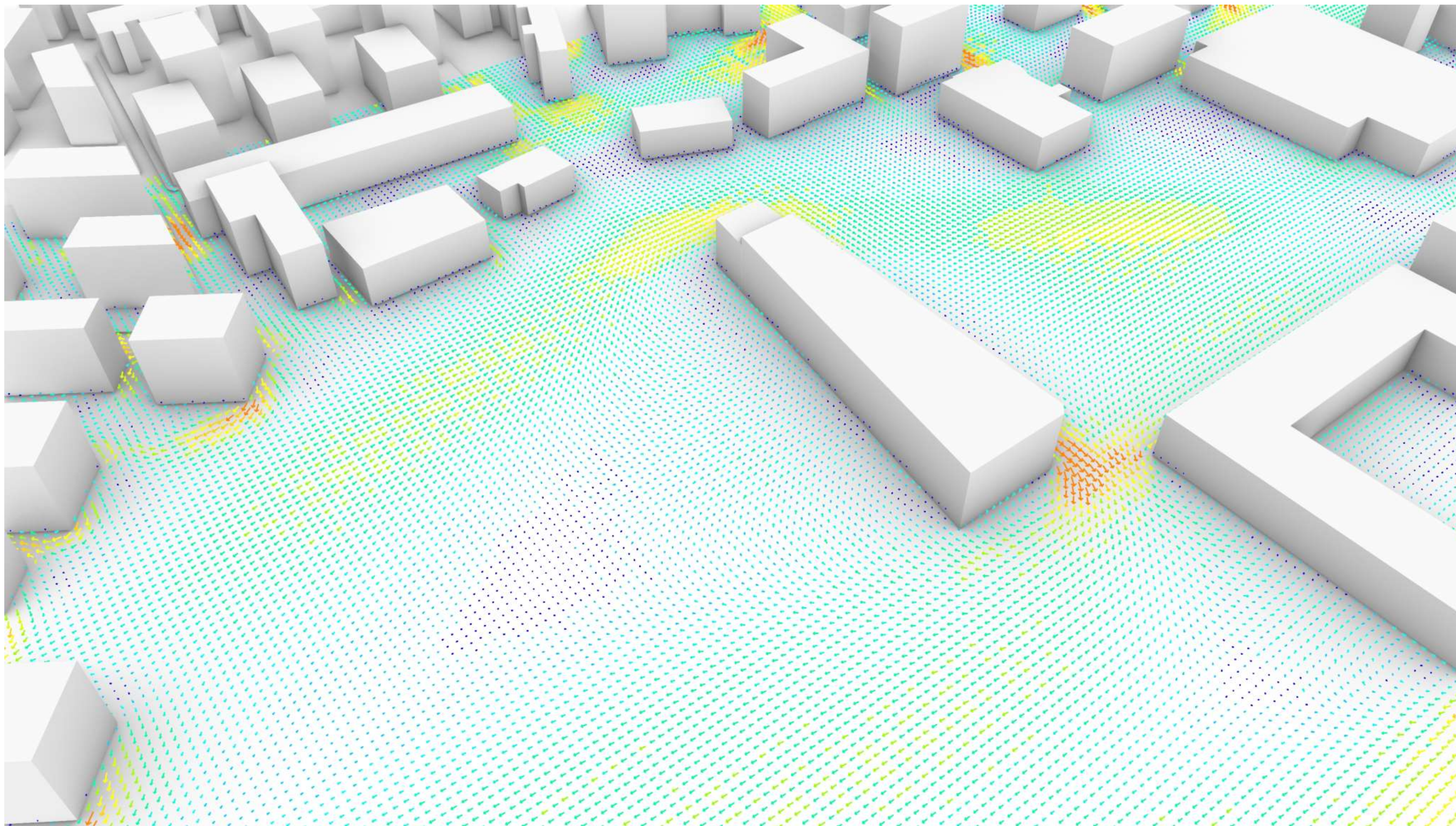
radiation solaire



Direction et Vitesse du vent.



Vecteurs de position solaire et de rayonnement



CFD appliquées au site.

PERFORMANCE DES MURS
PERFORMANCE ENERGETIQUE DES MURS DÉCORATIFS

OJECTIFS:

Le but de cette analyse est de répondre à des questions liées à la durabilité par le biais de:

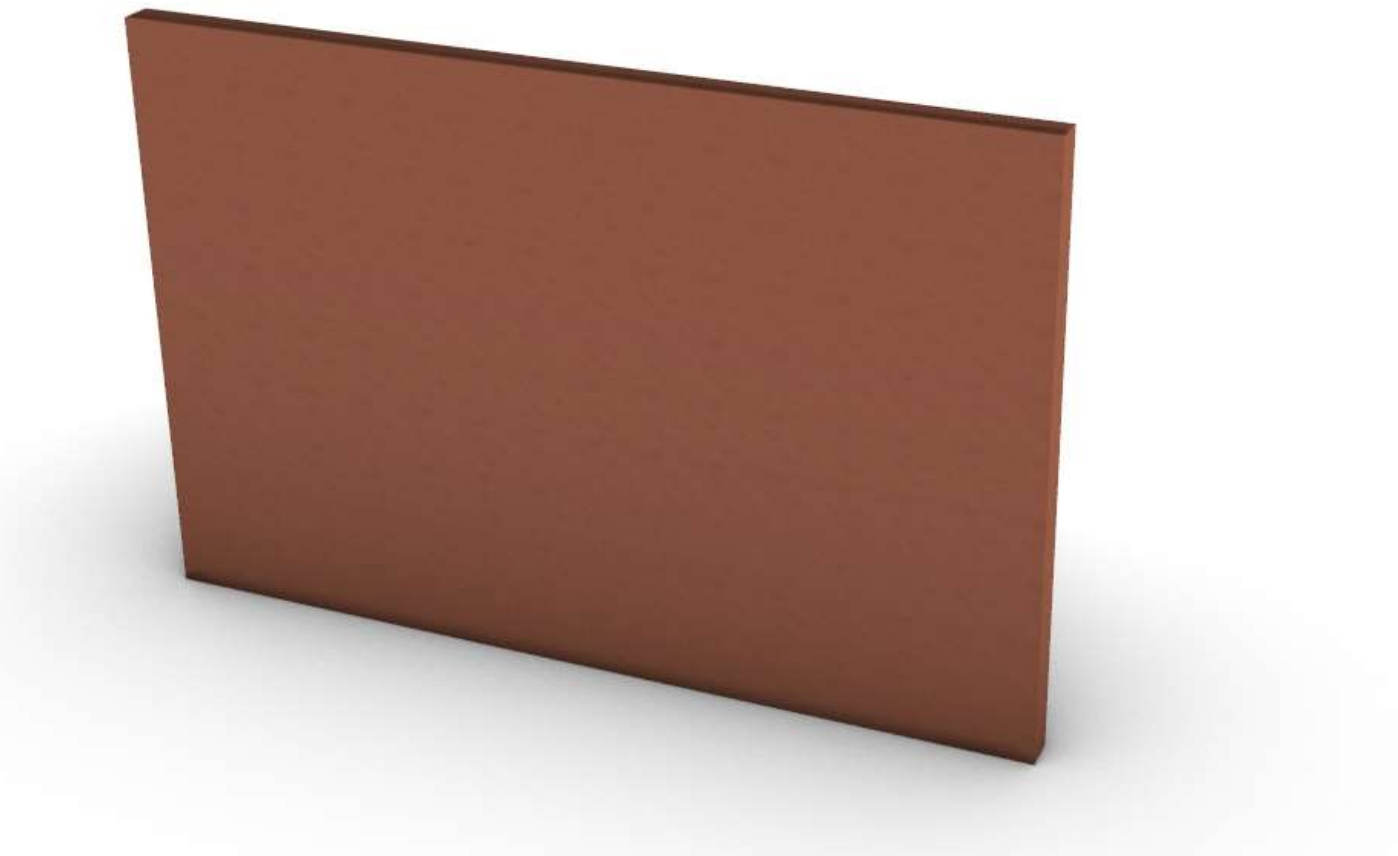
- *Un mur décoratif stocke-t-il plus d'énergie qu'un mur simple?*
- *Les briques saillantes agissent-elles comme des brise-solaire et réduisent-elles l'énergie absorbée par le mur ?*
- *Quel motif choisissons-nous en fonction du climat de la région?*

ETUDE DE RADIATION DE FACADE

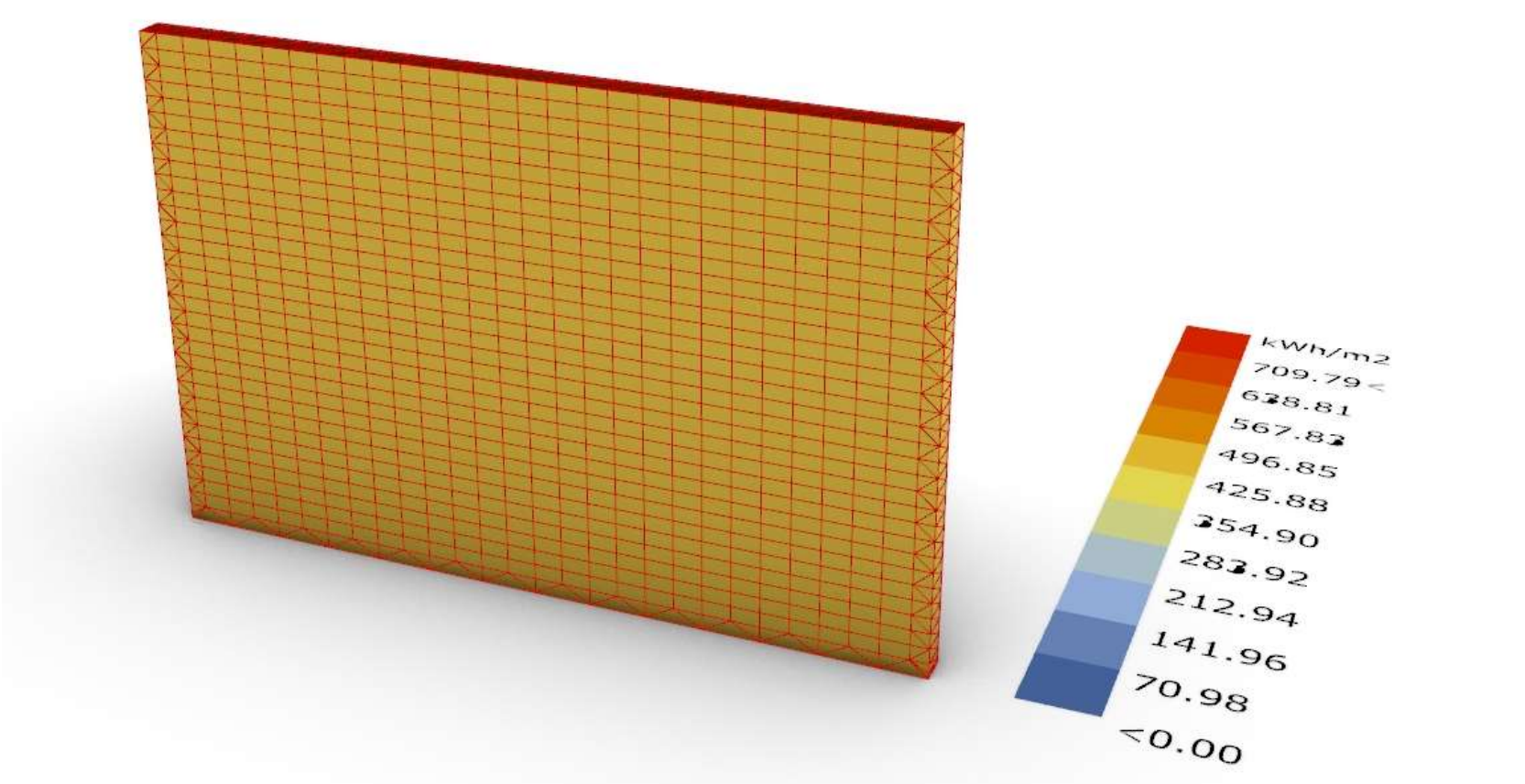
Site: **Lille**

Orientation de Façade: **Sud**

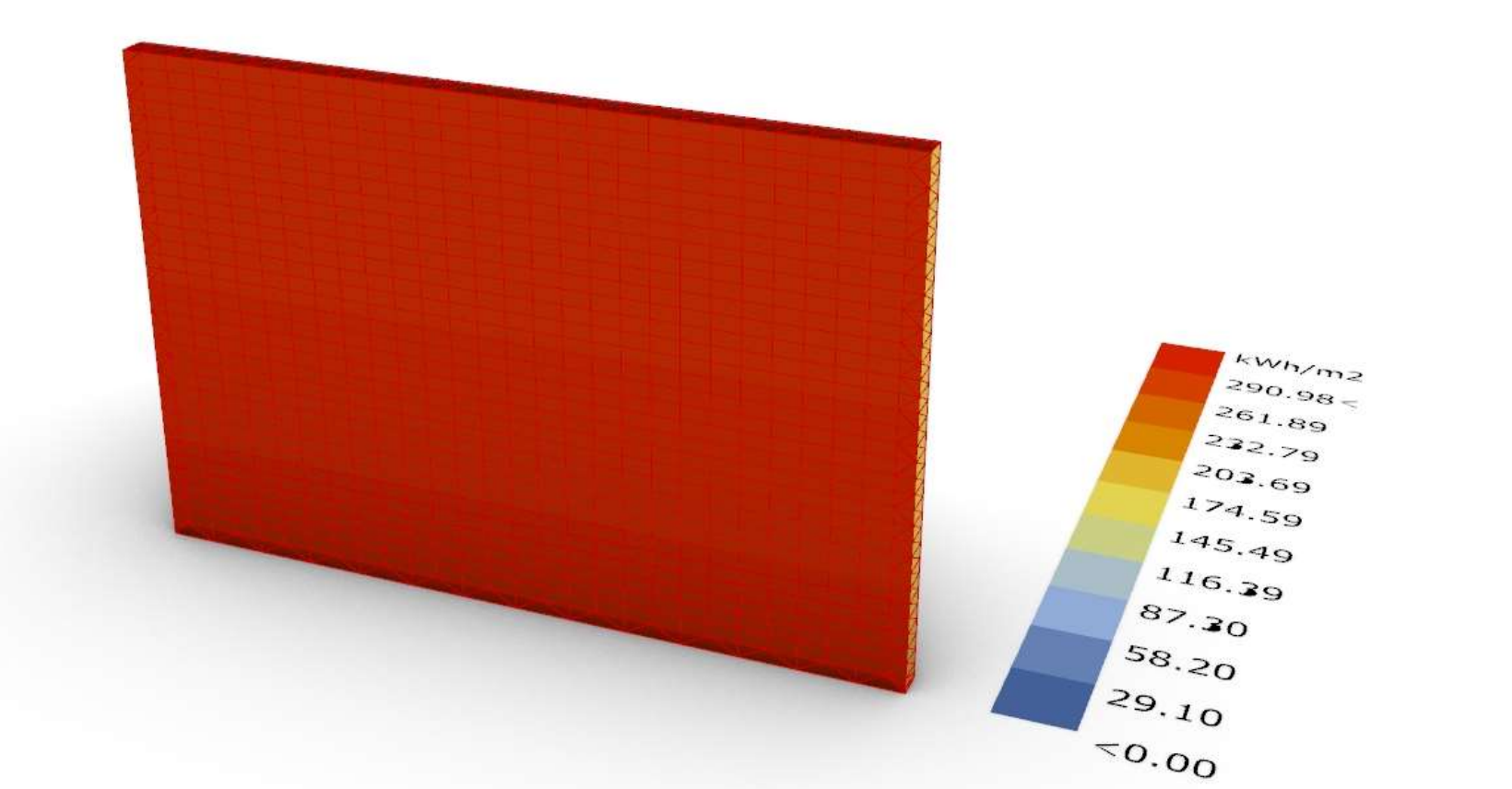
dimensions : **3 * 2 mètres**



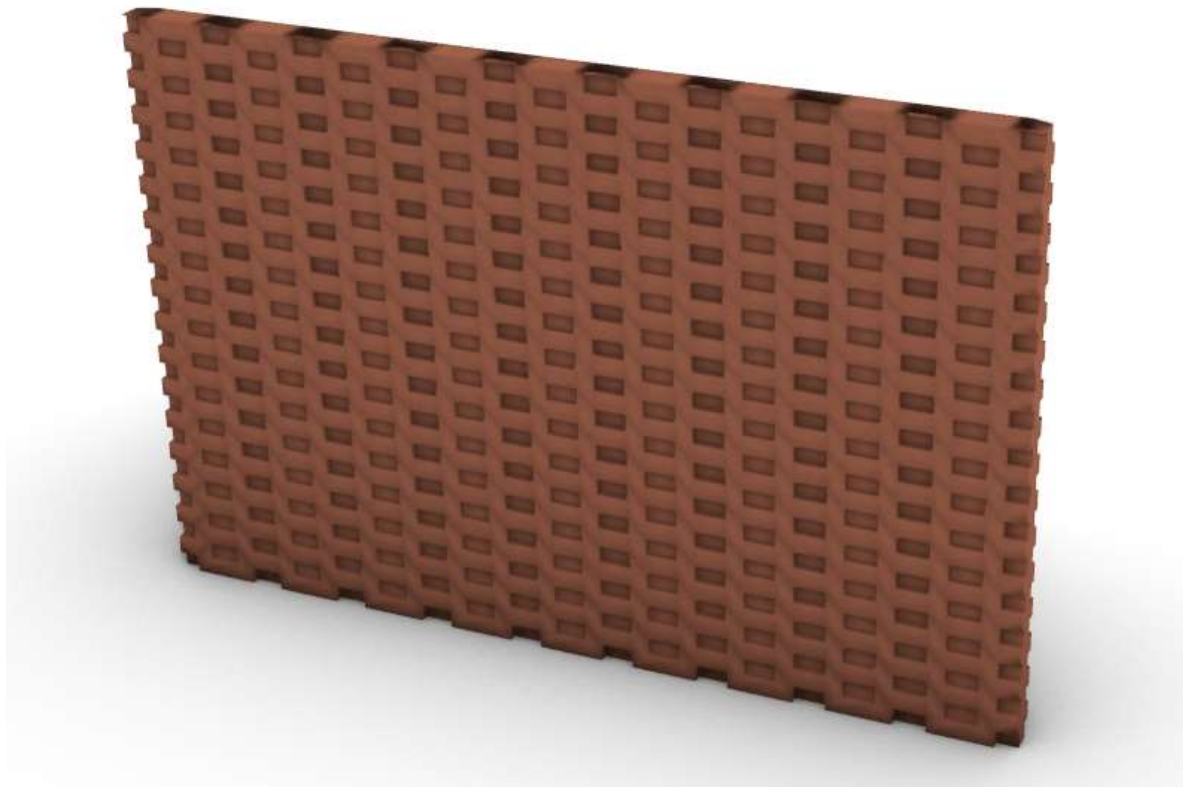
WALL PATTERN **TYPE 1**
(not decorative)



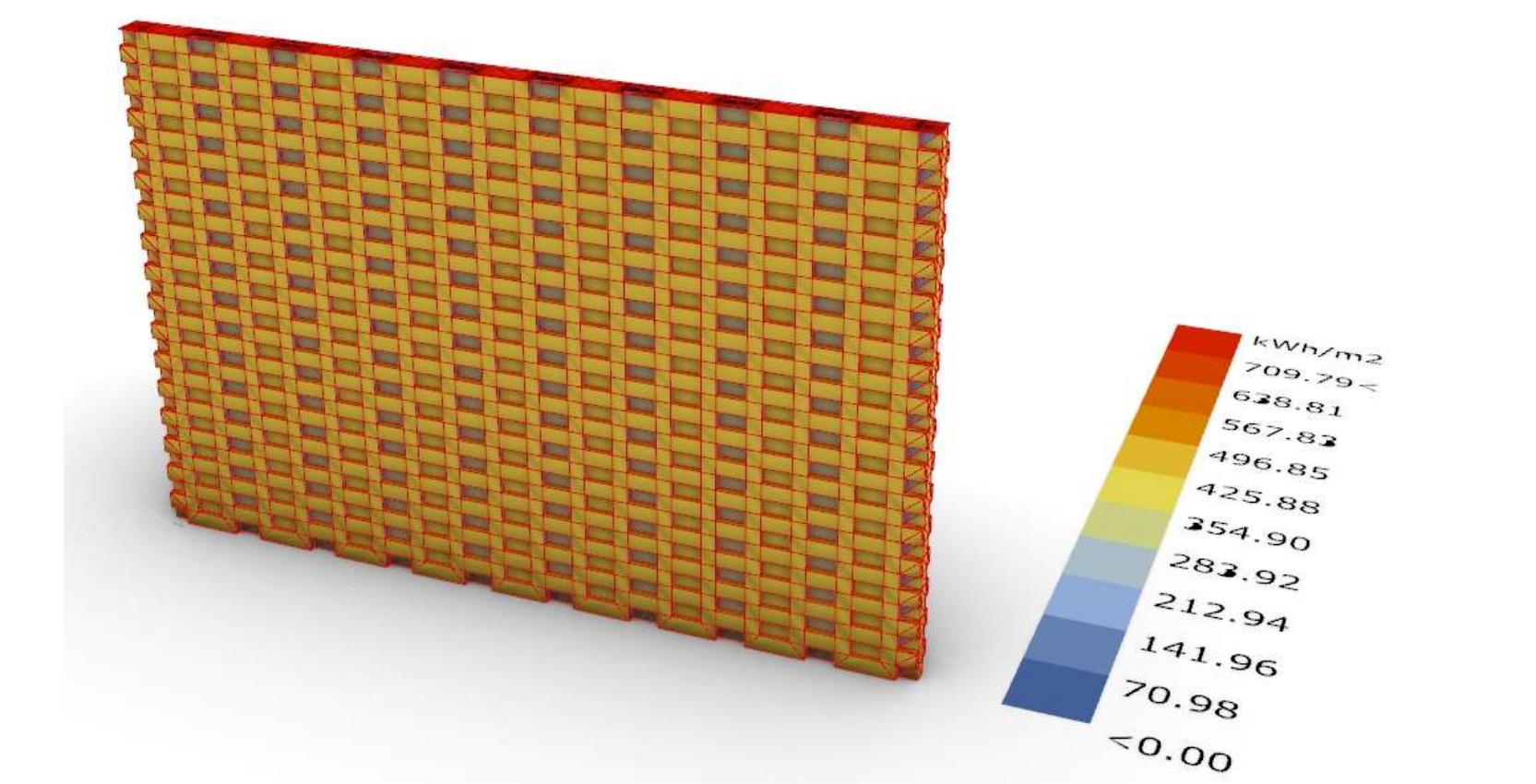
Summer radiation : **3589.602885**



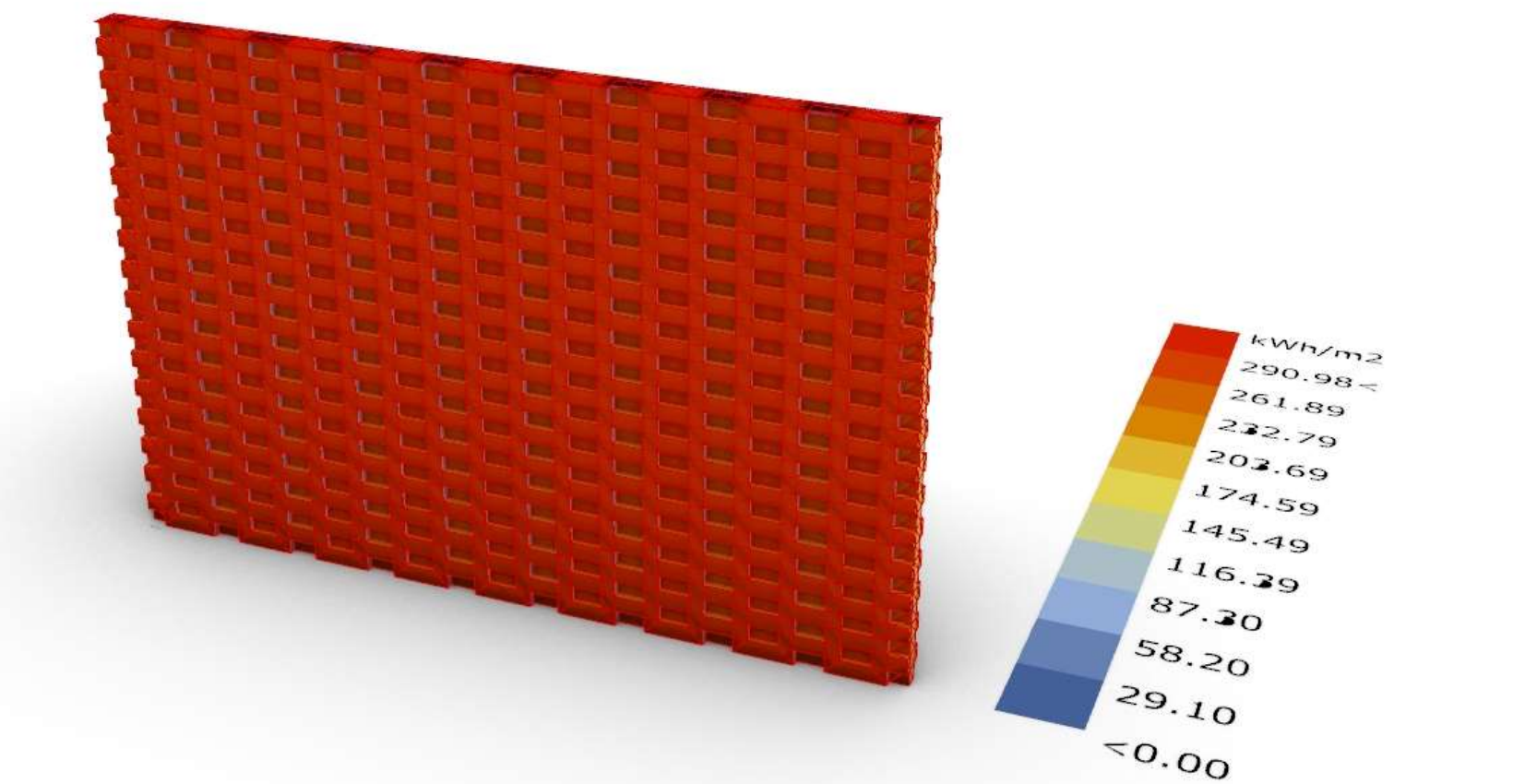
Winter radiation : **2259.090778**



WALL PATTERN **TYPE 2**
(decorative with grooves)



Summer radiation : **3981.711722**

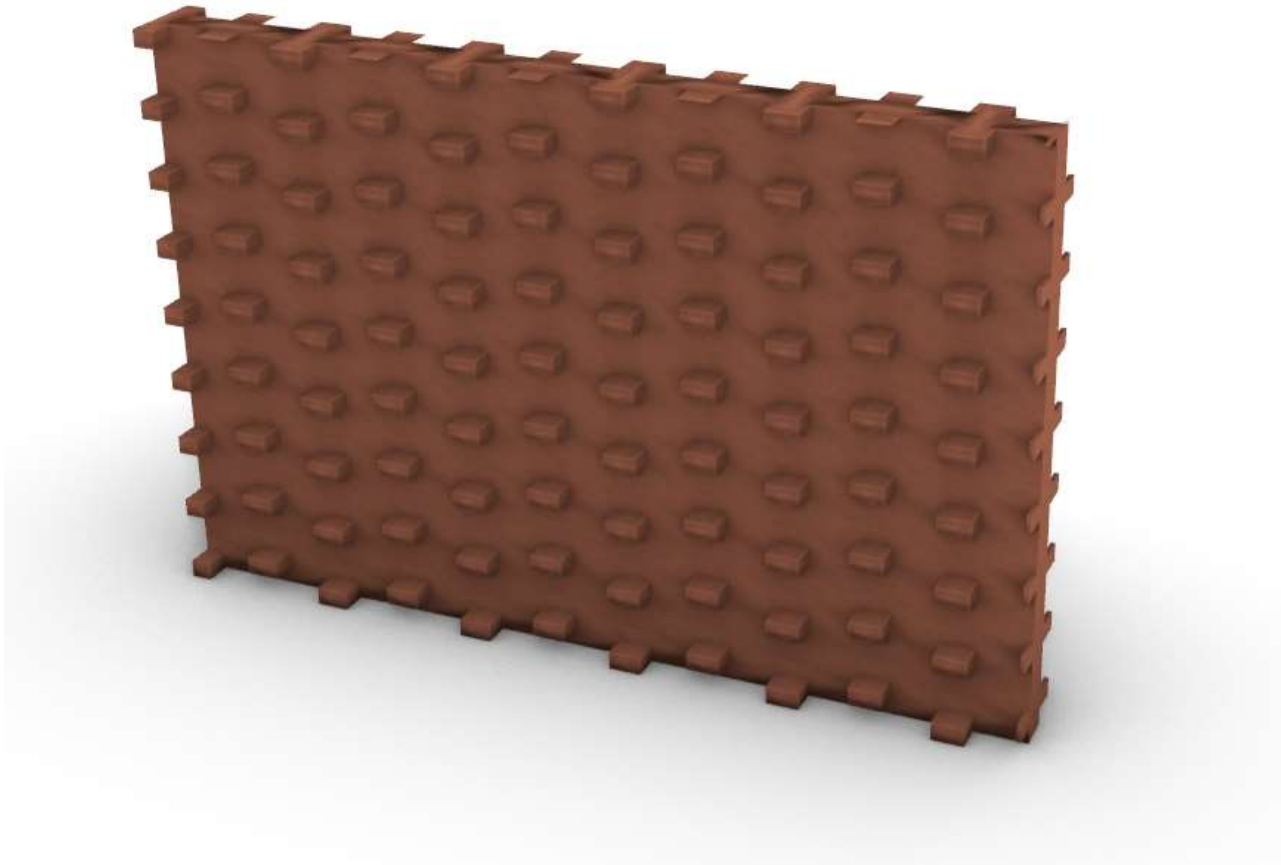


Winter radiation : **2474.713532**

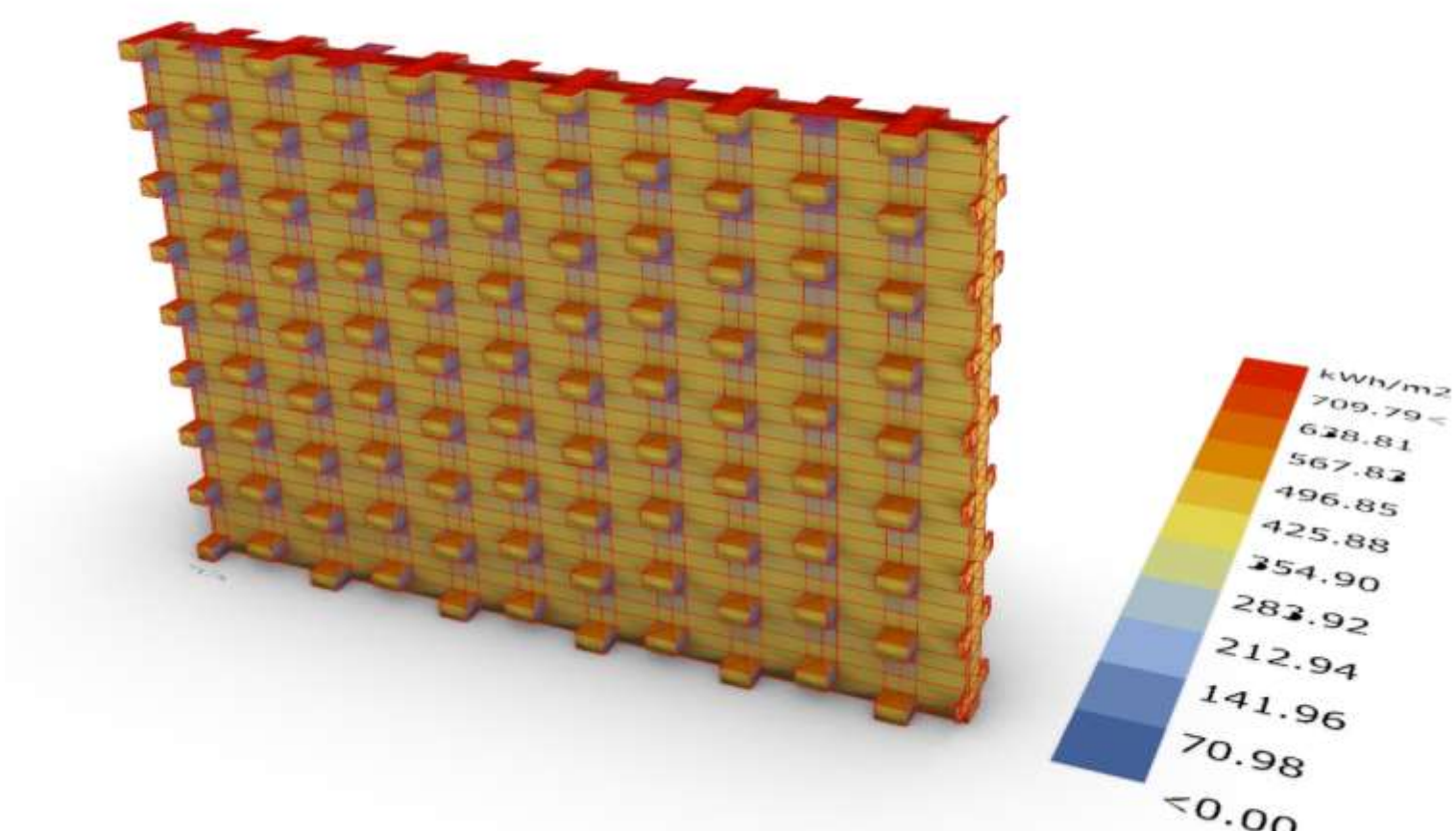
ETUDE DE RADIATION DE FACADE

Site: **Lille** Orientation de Façade: **Sud**

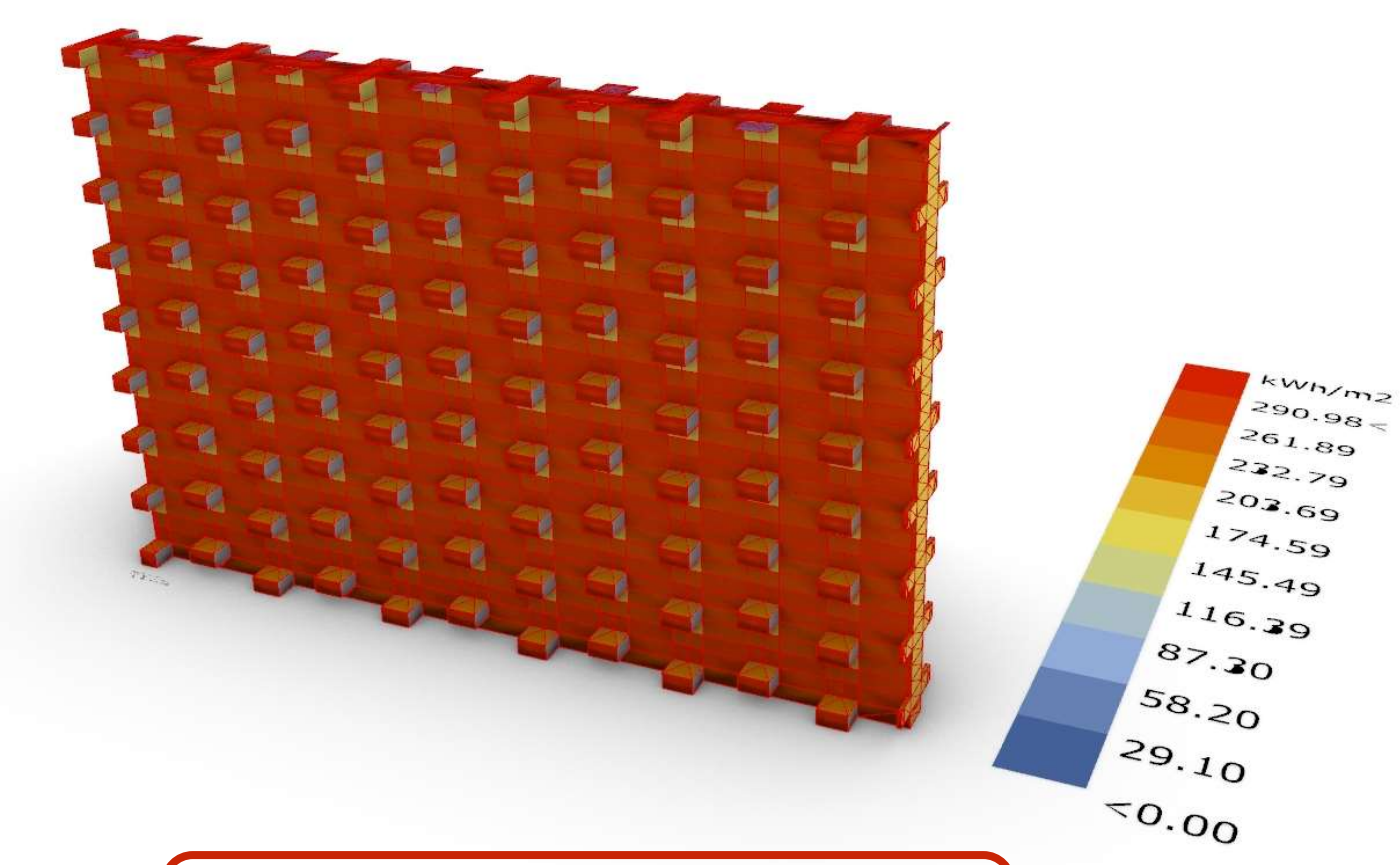
dimensions : 3 * 2 mètres



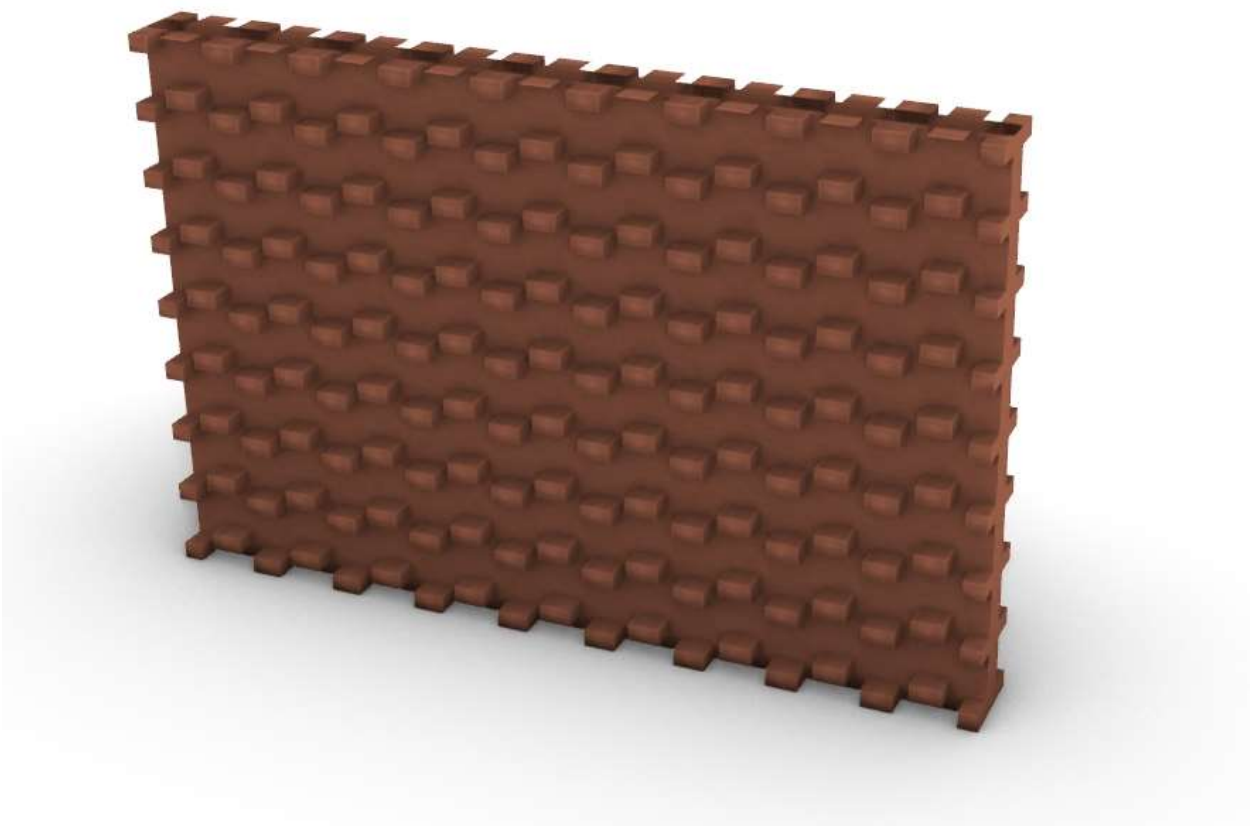
WALL PATTERN **TYPE 3**
(decorative with protruding)



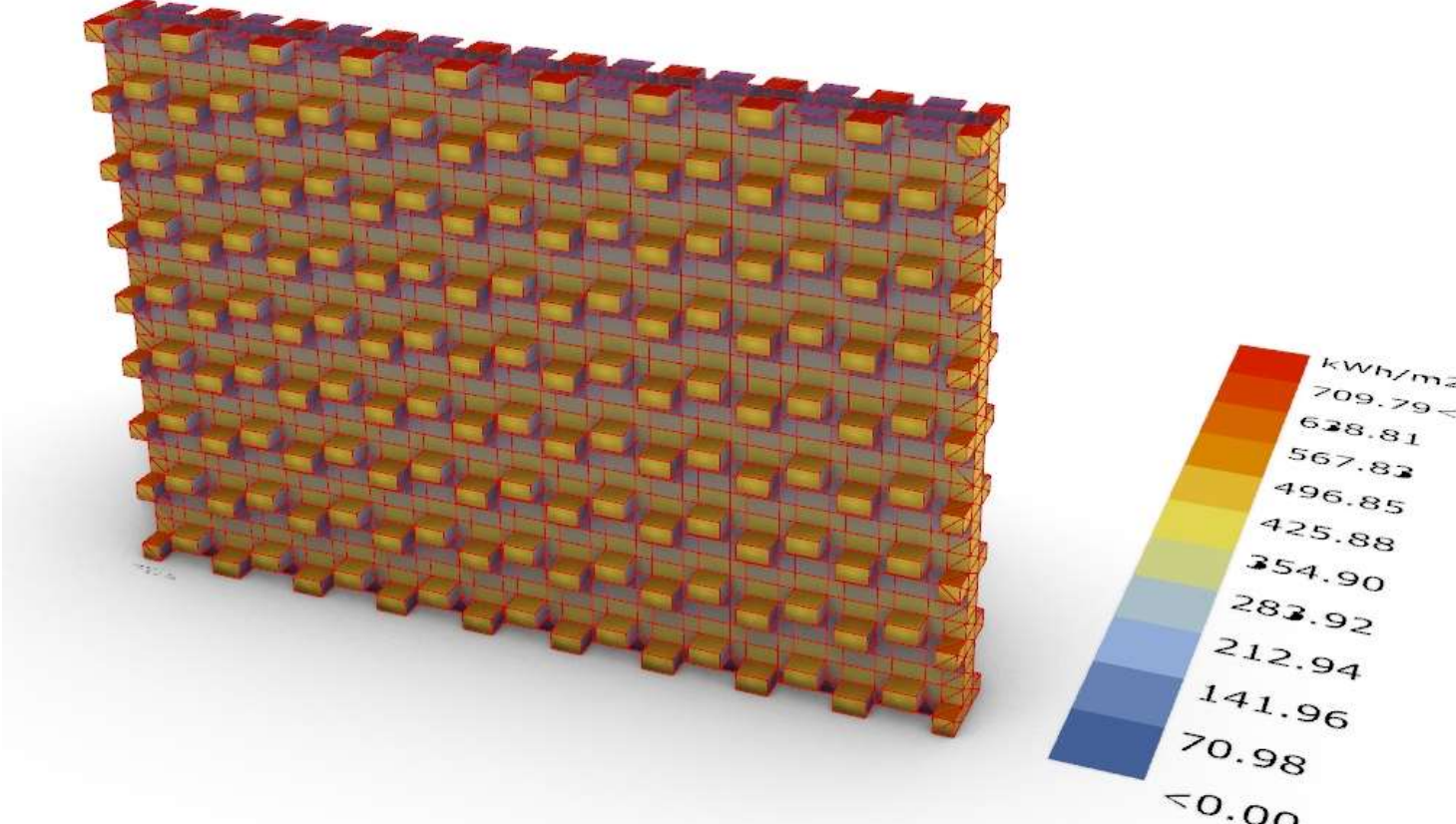
Summer radiation : 4086.955166



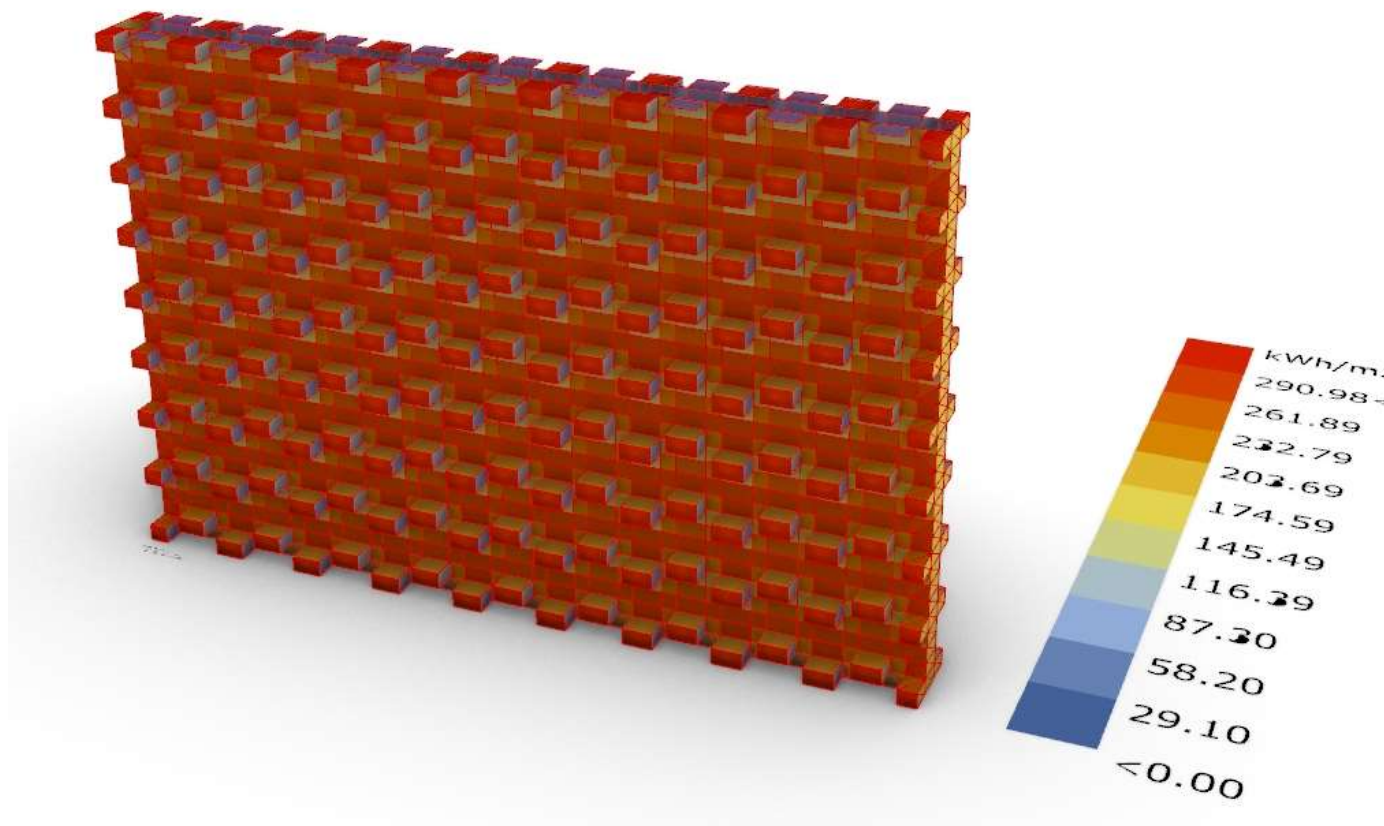
Winter radiation : 2486.189222



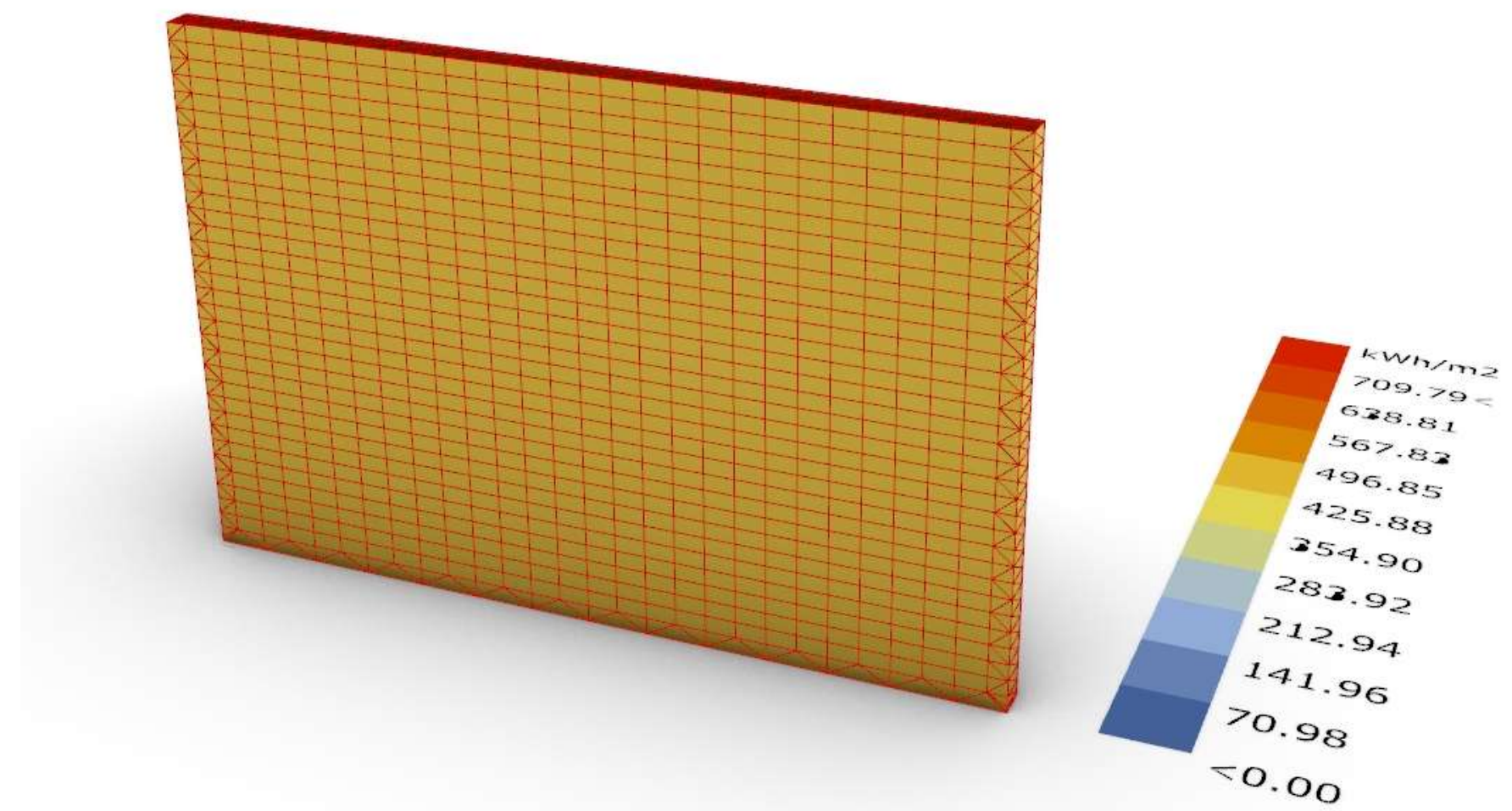
WALL PATTERN **TYPE 4**
(decorative with dense produding)



Summer radiation : 3763.667927



Winter radiation : 2338.934779



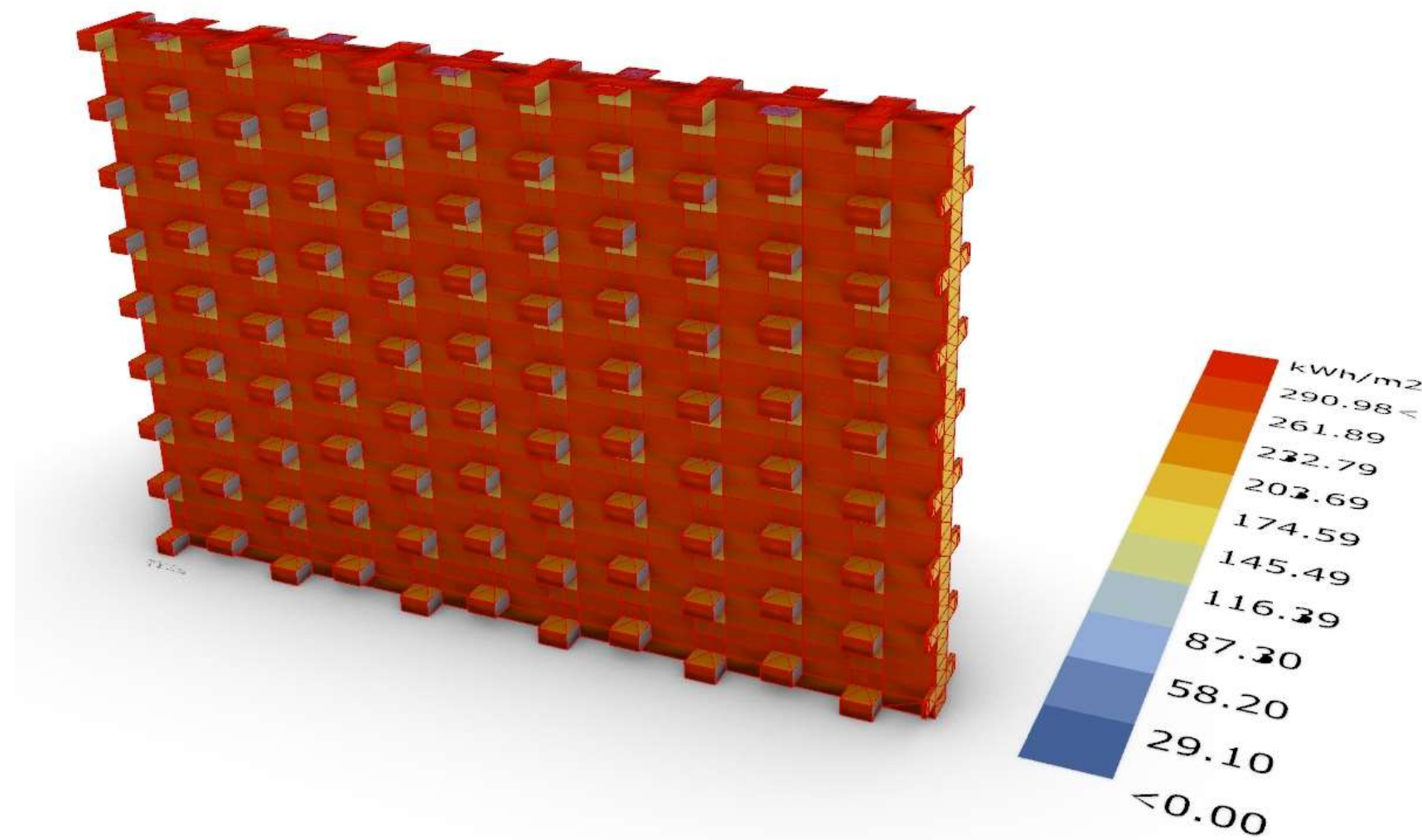
Lowest Summer radiation : 3589 kwh/m2

WALLS	SUMMER RADIATION	WINTER RADIATION
	MONTHS : 11 TO 4	MONTHS : 5 TO 9
TYPE 4	3763.667927	2338.934779
TYPE 3	4086.955166	2486.189222
TYPE 2	3981.711722	2474.713532
TYPE 1	3589.602885	2259.090778

5a- resultat d'analyse du confort extérieur mensuel

OBSERVATIONS:

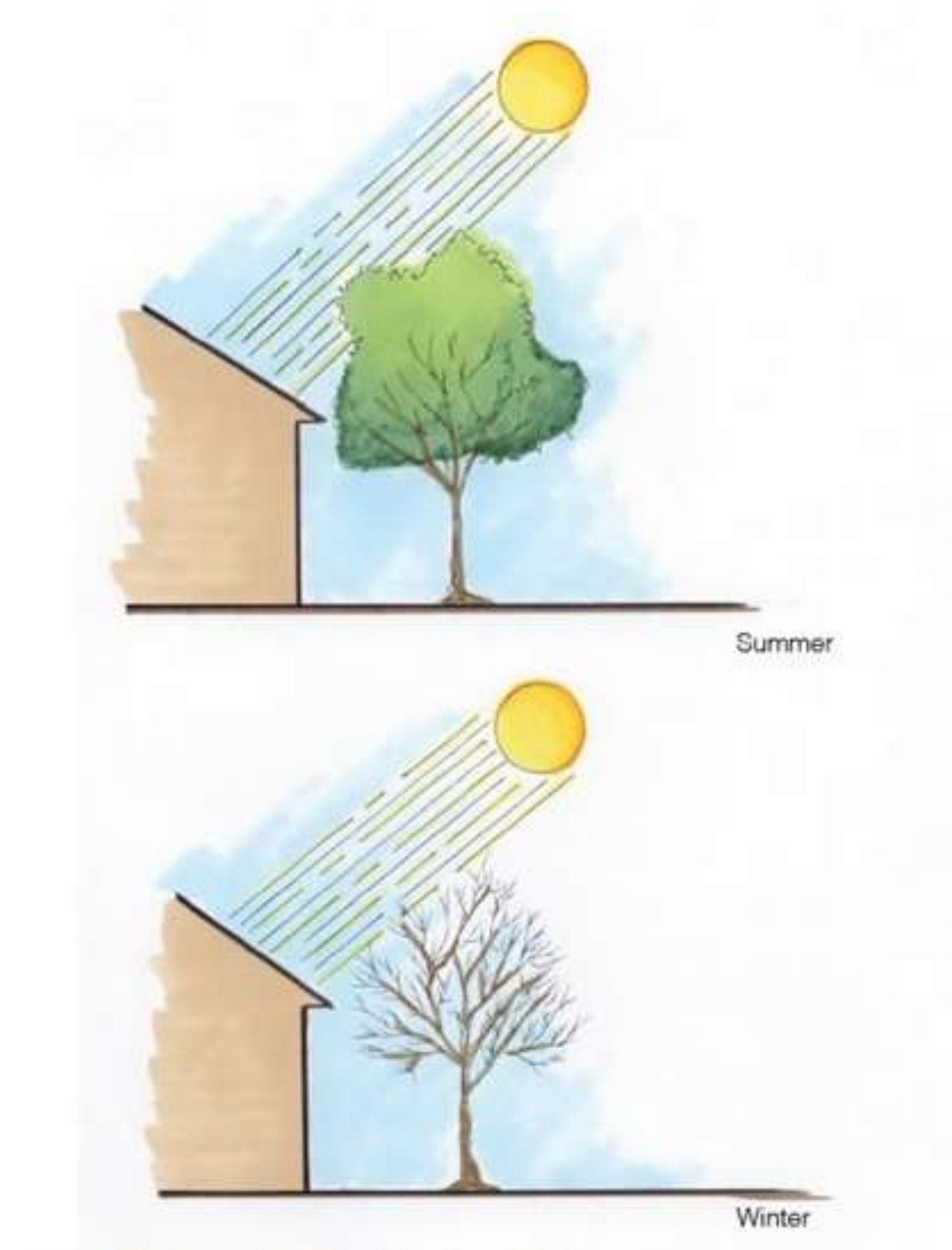
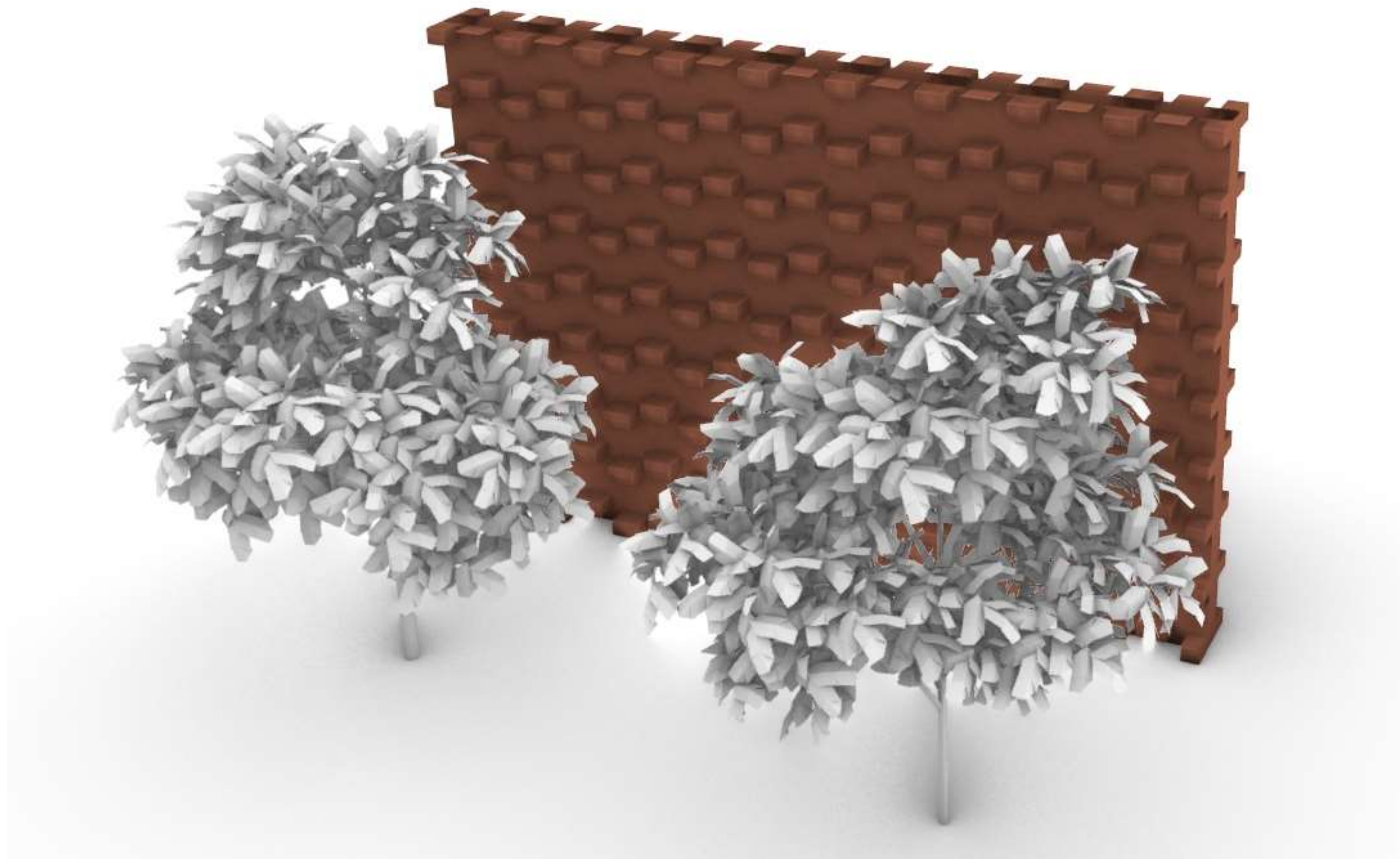
- Les murs décoratifs ont une meilleur performance en hiver ils absorbent 10% plus de radiation par mètre carré.
- Les murs non décoratifs ont une meilleure performance en été, ils absorbent 5 a 13 % moins de radiation par mètre carré.
- Pour des climats froid les mur décoratifs en saillit ont une meilleure performance.
- Pour les climats chauds l'effet de brise soleil pour mur décoratifs est inferieur à celui d'un mur simple en brique.



Highest Winter radiation : 2486 kwh/m2

PROPOSITION:

- Pour une région comme Lille une bonne approche sera d'utiliser les **murs décoratifs et ajouter des brises solaire come arbres caduques** pour avoir plus d'ombre Durant les saisons chaudes seulement et permettre l'absorption d'énergie au saisons froides.



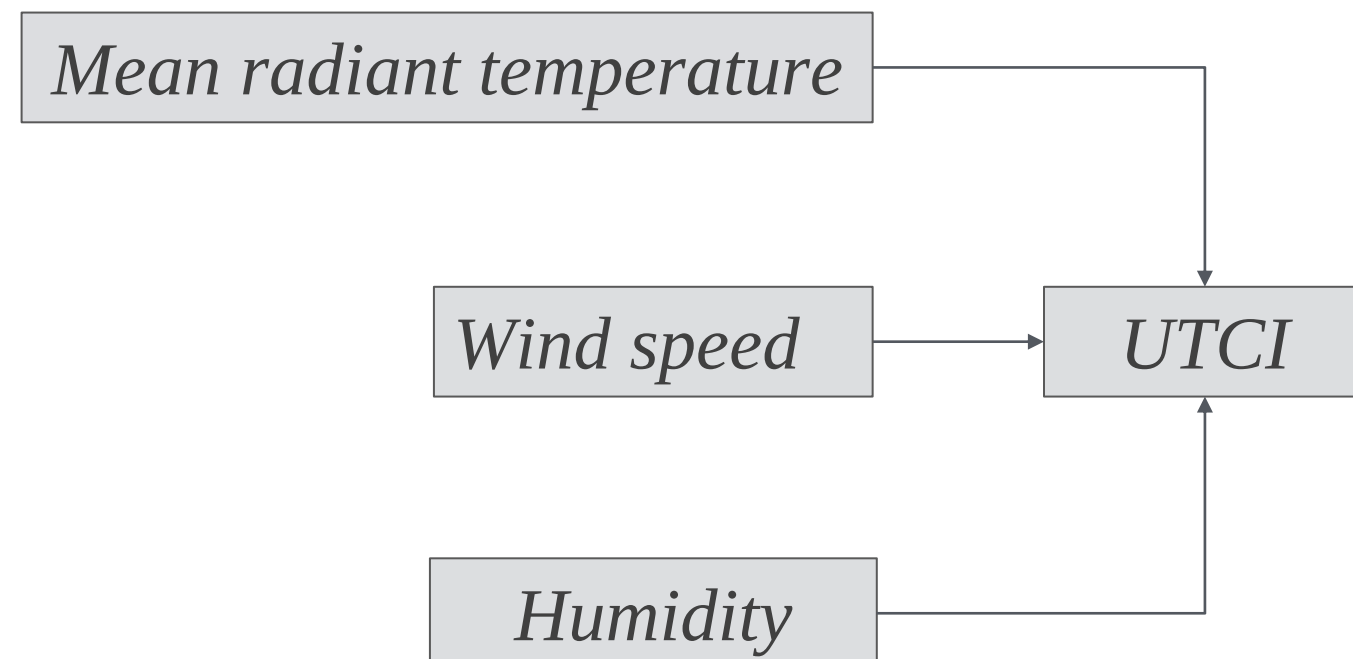
Ref: sami salameh

ANALYSE DE COMFORT EXTERIEURE A LILLE

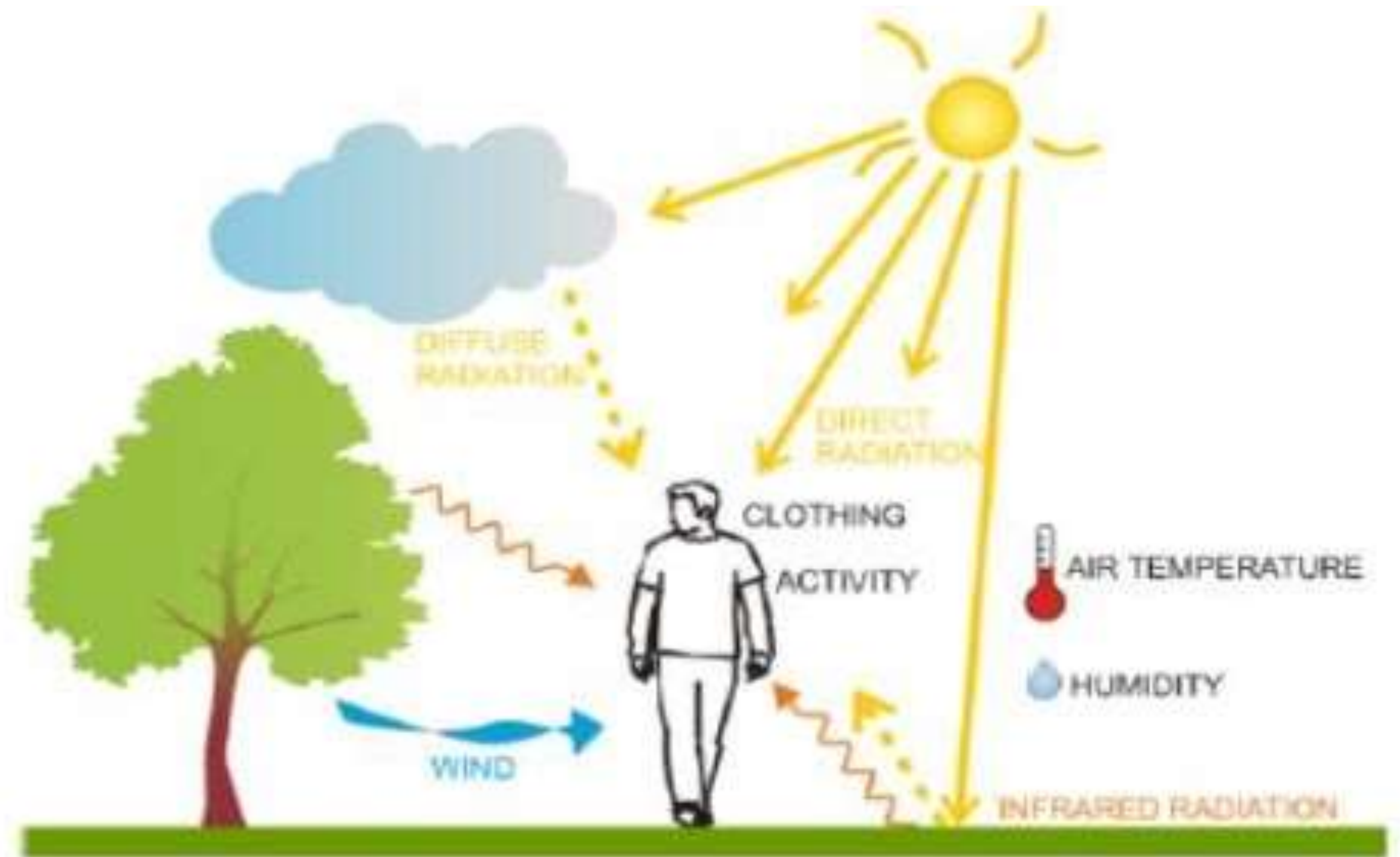
ÉLÉMENTS AFFECTANT LE CONFORT EXTÉRIEUR:

- *Température de l'ampoule sèche.*
- *Humidité.*
- *Rayonnement diffus.*
- *Vitesse du vent.*
- *Niveau de vêtements.*
- *Type de corps....*
- *autres*

$$T_{\text{mrt}} = \left[\frac{1}{\sigma} \cdot \sum_{i=1}^n \left(E_i + a_b \cdot \frac{D_i}{\varepsilon_p} \right) \cdot F_i \right]^{0,25}$$



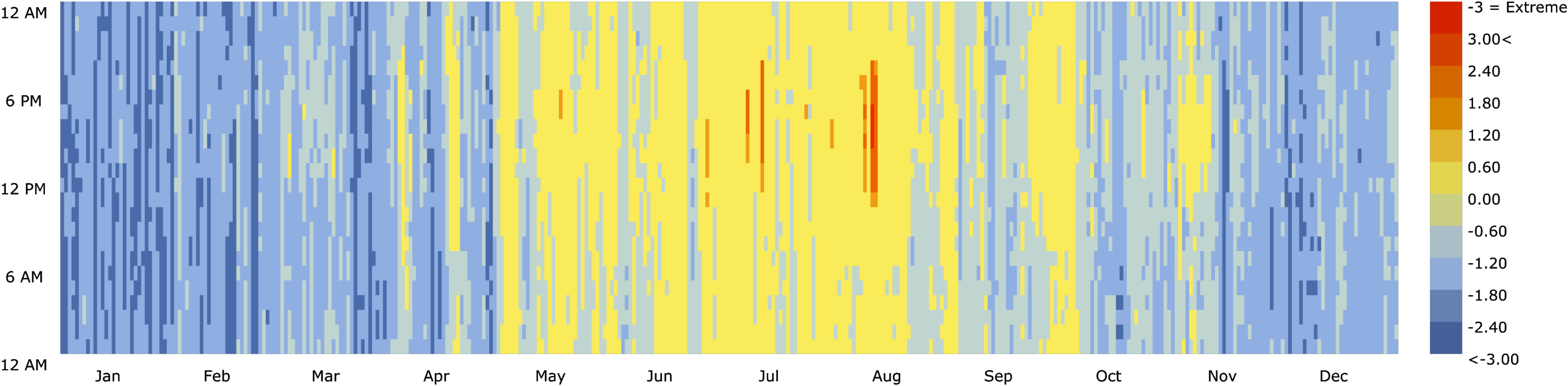
Ref: www.utci.org.



Ref: Fanger PO, 1970: *Thermal Comfort. Analysis and Application in Environment Engineering*. Danish Technical Press, Copenhagen.

ANALYSE DE COMFORT EXTERIEURE :

- Period: *yearly*



Outdoor Comfort (-3 = Extreme Cold | -2 = Cold | -1 = Cool | 0 = Comfort | 1 = Warm | 2 = Hot | 3 = Extreme Heat) - Hourly
BRUSSELS_BEL
1 JAN 1:00 - 31 DEC 24:00

IMPACT DE LA VITESSE DU VENT SUR OTC:

Comparaisons de l'indice du climat en changement la Vitesse du vent de 1 à 5 m/s

Air temperature Ta

12.0

° Celsius

$\Delta T_{mrt} = T_{mrt} - T_a$

.0

Kelvin

Water vapour pressure

☐

hPa

Rel. humidity RH

☒

80

%

Wind speed v in 10m

5.0

m/s

submit

UTCI: 3.1 ° Celsius

Air temperature Ta

12.0

° Celsius

$\Delta T_{mrt} = T_{mrt} - T_a$

.0

Kelvin

Water vapour pressure

☐

hPa

Rel. humidity RH

☒

80

%

Wind speed v in 10m

1.0

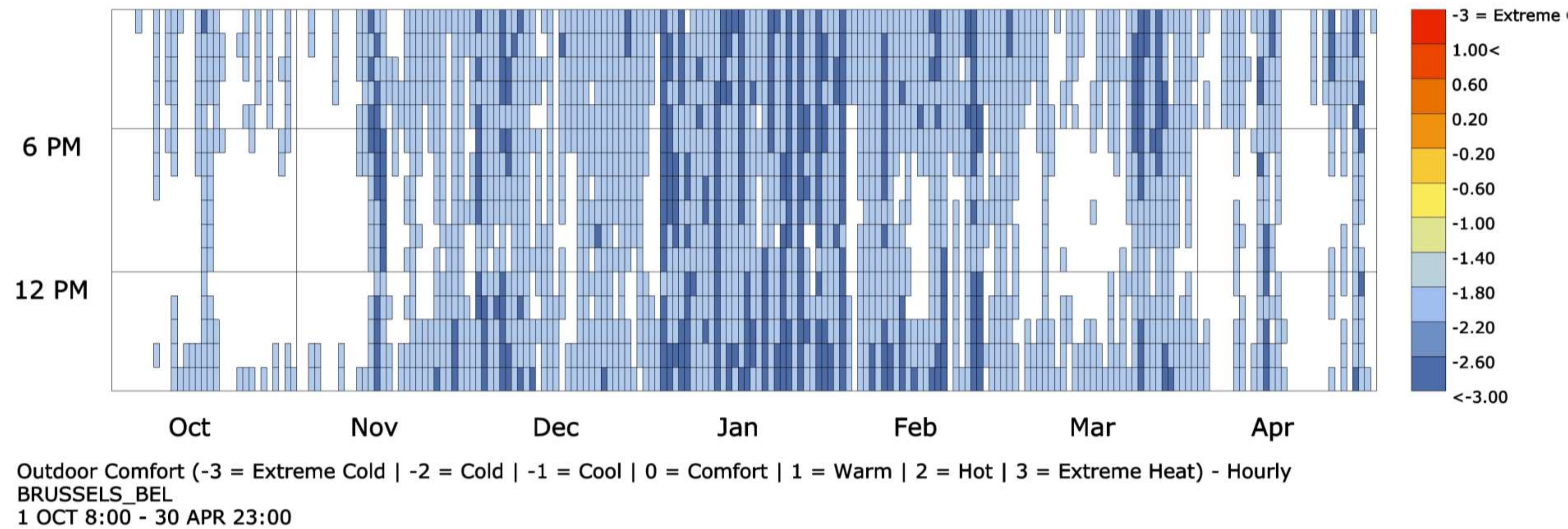
m/s

submit

UTCI: 12.5 ° Celsius

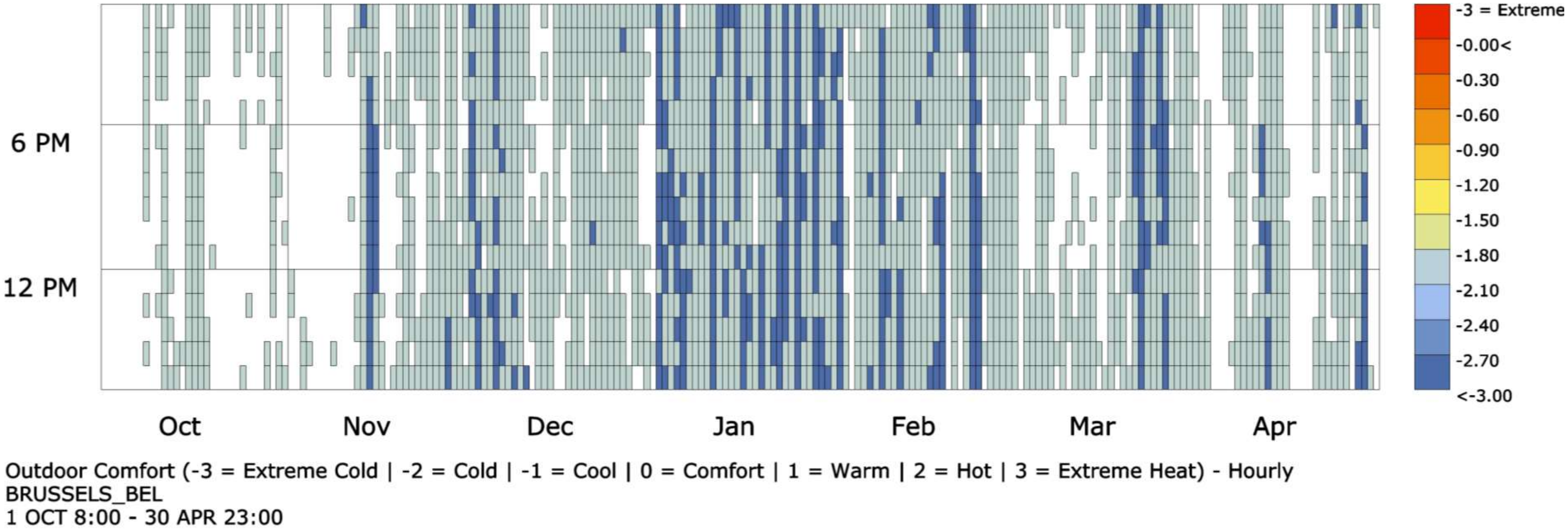
IMPACT DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR OTC:

- Condition: *à l'ombre*
- Période: *saison froide 8h jusqu'à 23h*
- Tweak: *stress thermique froid < -1.*
- Nombre total d'heures: 2208



IMPACT DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR OTC:

- Condition: **au soleil**
- Période: saison froide 8h jusqu'à 23h
- Tweak: stress thermique froid < -1.
- Nombre total d'heures: 2079

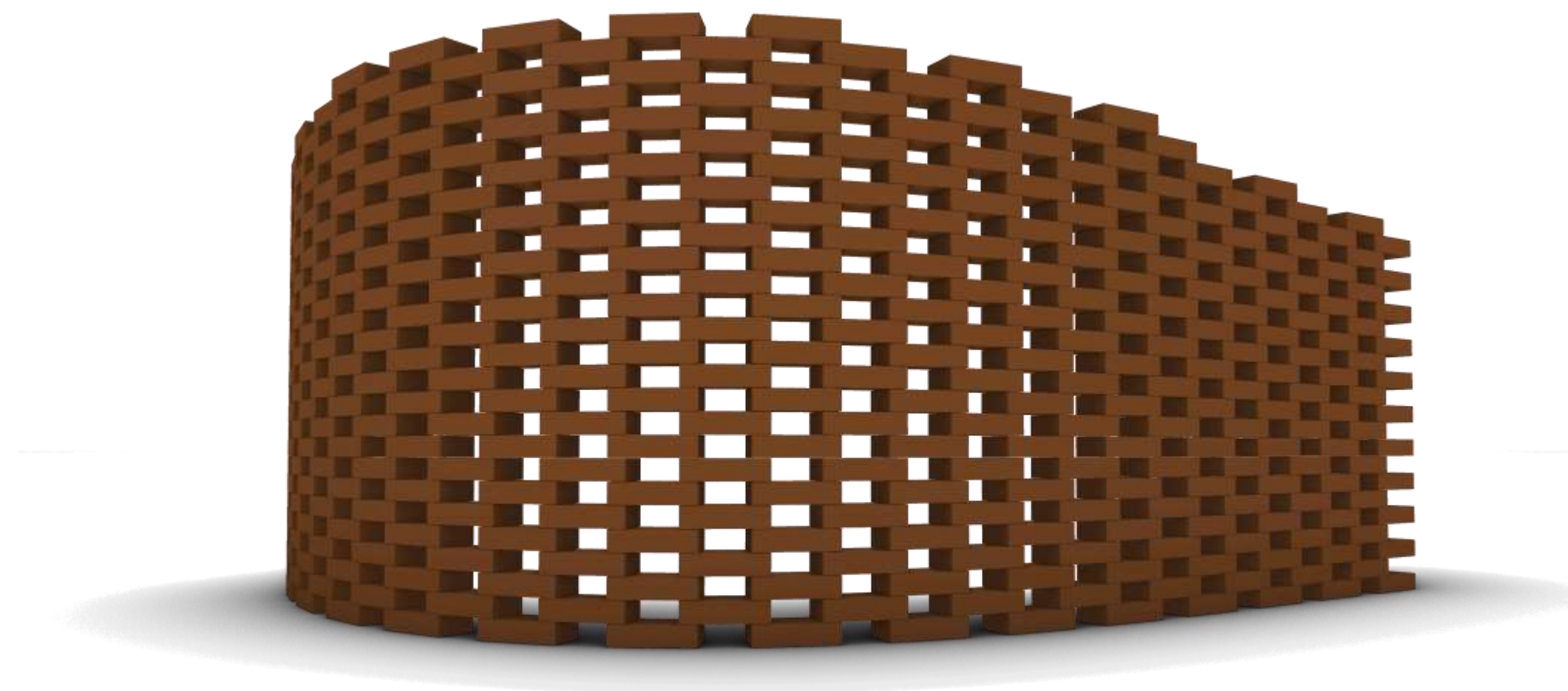


OBSERVATIONS:

- *Rayonnements solaires directs affectent positivement l'OTC pour une région relativement froide comme Lille .*
- *Une Réduction de la vitesse du vent contribue au le confort extérieur.*
- *La création d'objets convexes améliore les rayonnements diffus et réfléchissants qui affectent le MRT.*

POSSIBLE APPROACH:

- *Intervention architecturale réduisant la vitesse du vent et améliorant ainsi le confort extérieur tout en maintenant une partie des rayonnements solaires et la visibilité grâce au perforations des murs.*

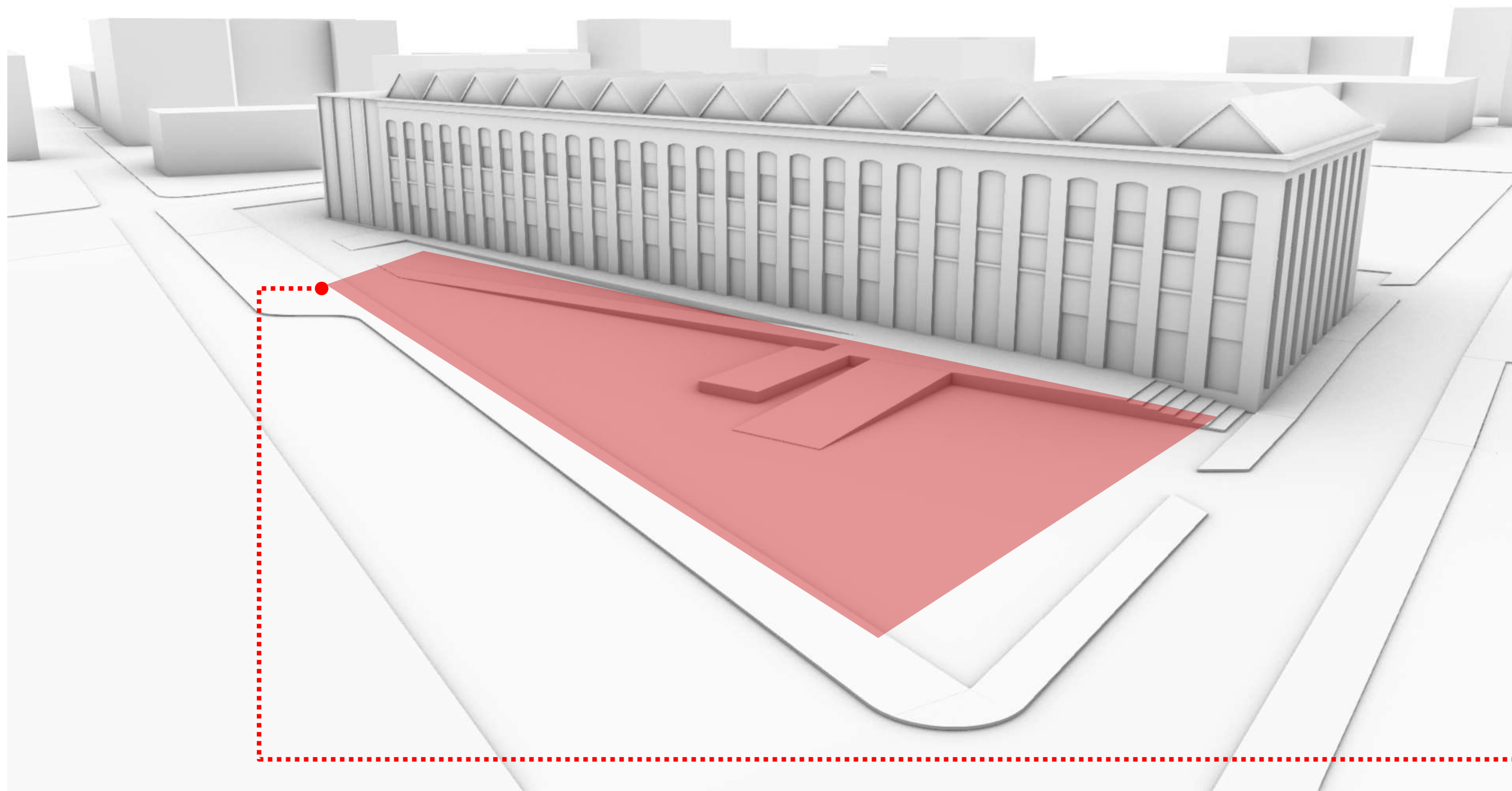


PROJER DE RECHERCHE
PAVILLON BIOCLIMATIQUE POUR LE SITE LINKCITY

CONTEXT:

Dans le cadre de « **Lille Capitale mondiale du design 2020** », un site a été proposé pour une intervention architecturale avec le parrainage de la Briqueterie du Nord et la collaboration de thr34d5 et Emilieu Studio.

Le site est un jardin avant pour un futur projet de rénovation « espace de travail et des restaurants ».



Ref: site 3d model



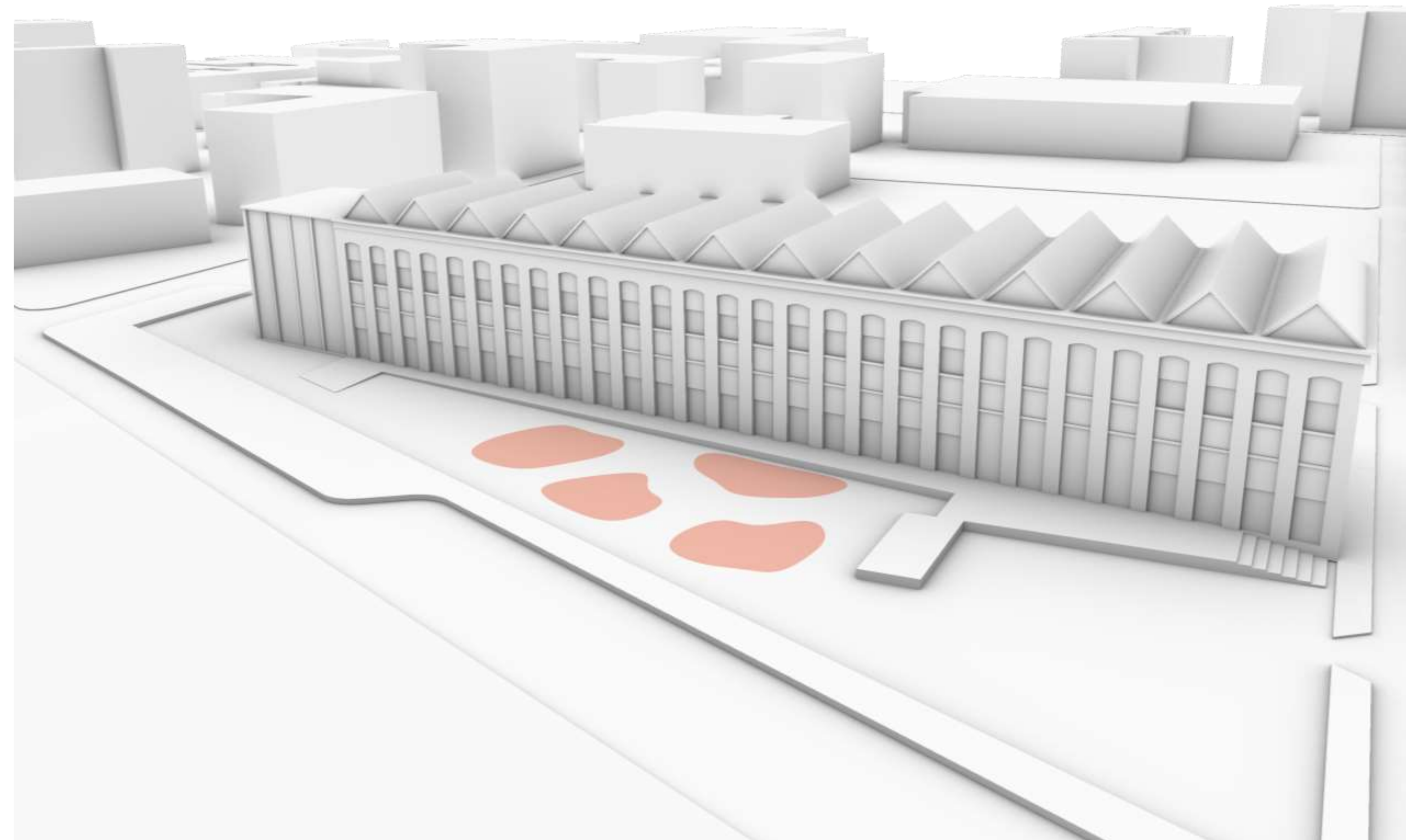
Site photo from google

OBJECTIFS:

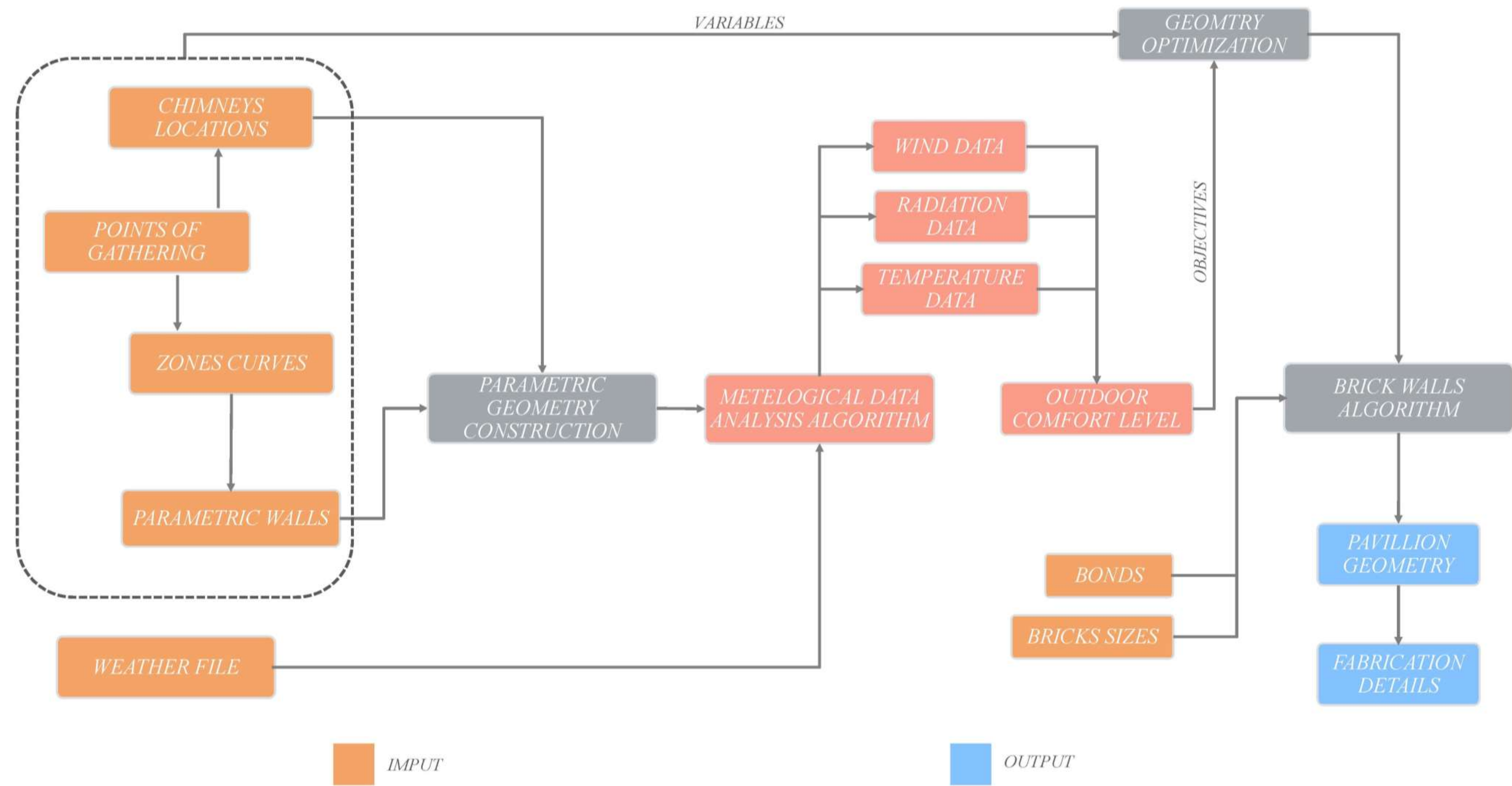
- Appliquer les résultats de la recherche pour créer un *pavillon en plein air à l'aide de briques et de conception computationnelle*.
- Explorez la solution de *conception basée sur le climat pour améliorer le confort extérieur*.
- Développer des méthodes de fabrication.

DEMARCHE A SUIVRE :

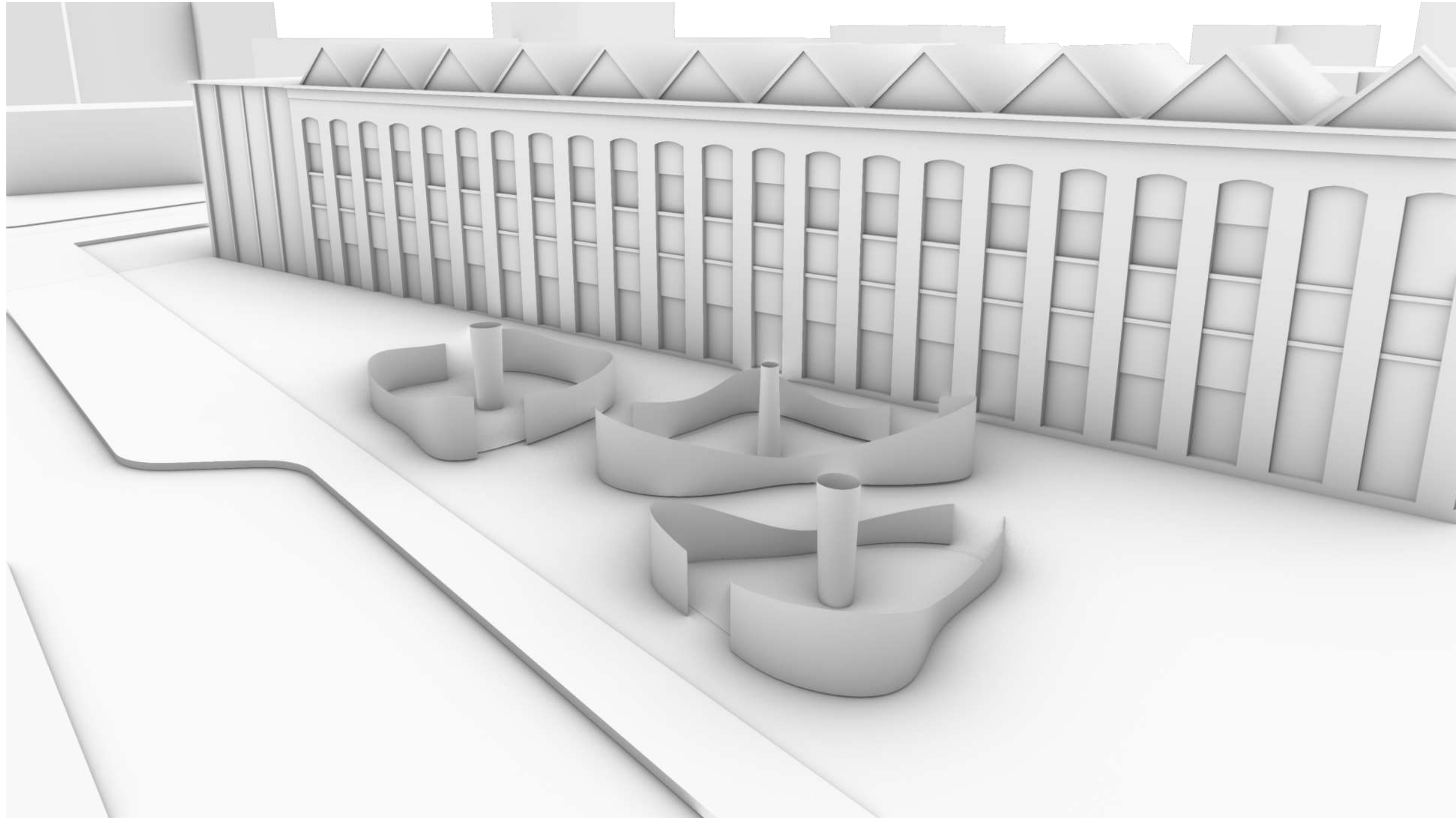
1. Définir les zones paramétriques pour le rassemblement en plein air.
2. Etude CFD pour déterminer le *confort par rapport à la vitesse du vent* appliquée au site.
3. Cartographier les niveaux de confort du vent pour la zone d'étude avec la simulation CFD les *positions où le pavillon aura le meilleur impact en termes de vitesse du vent*.
4. Introduire des murs de briques paramétriques pour améliorer le microclimat dans *les zones de rassemblement en augmentant la température radiante and filtrant les rayons solaire favorables*.
5. Proposer une stratégie de fabrication.

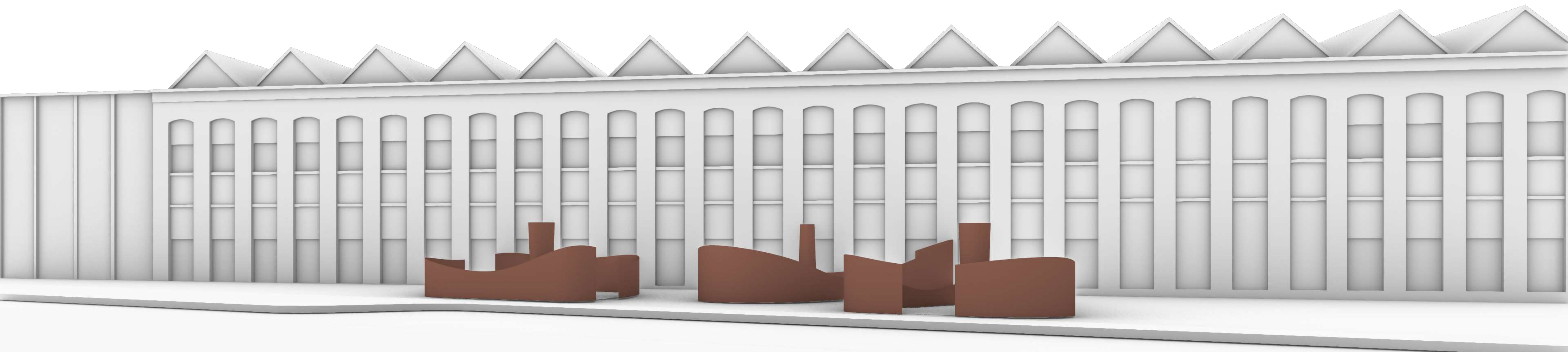


CONSTRUCTION DE L'ALGORITHME:



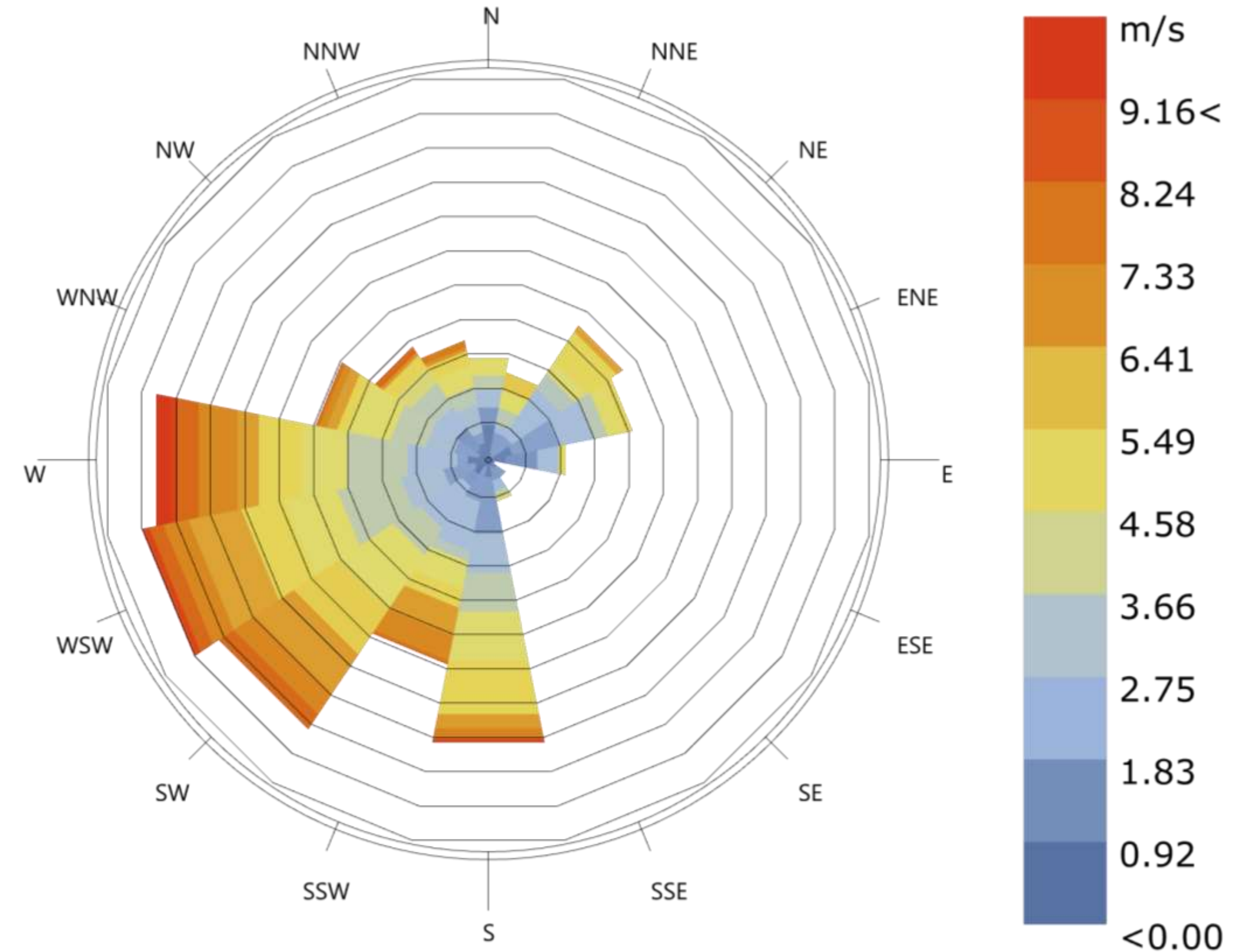
1- Espaces paramétriques pour le rassemblement en plein air



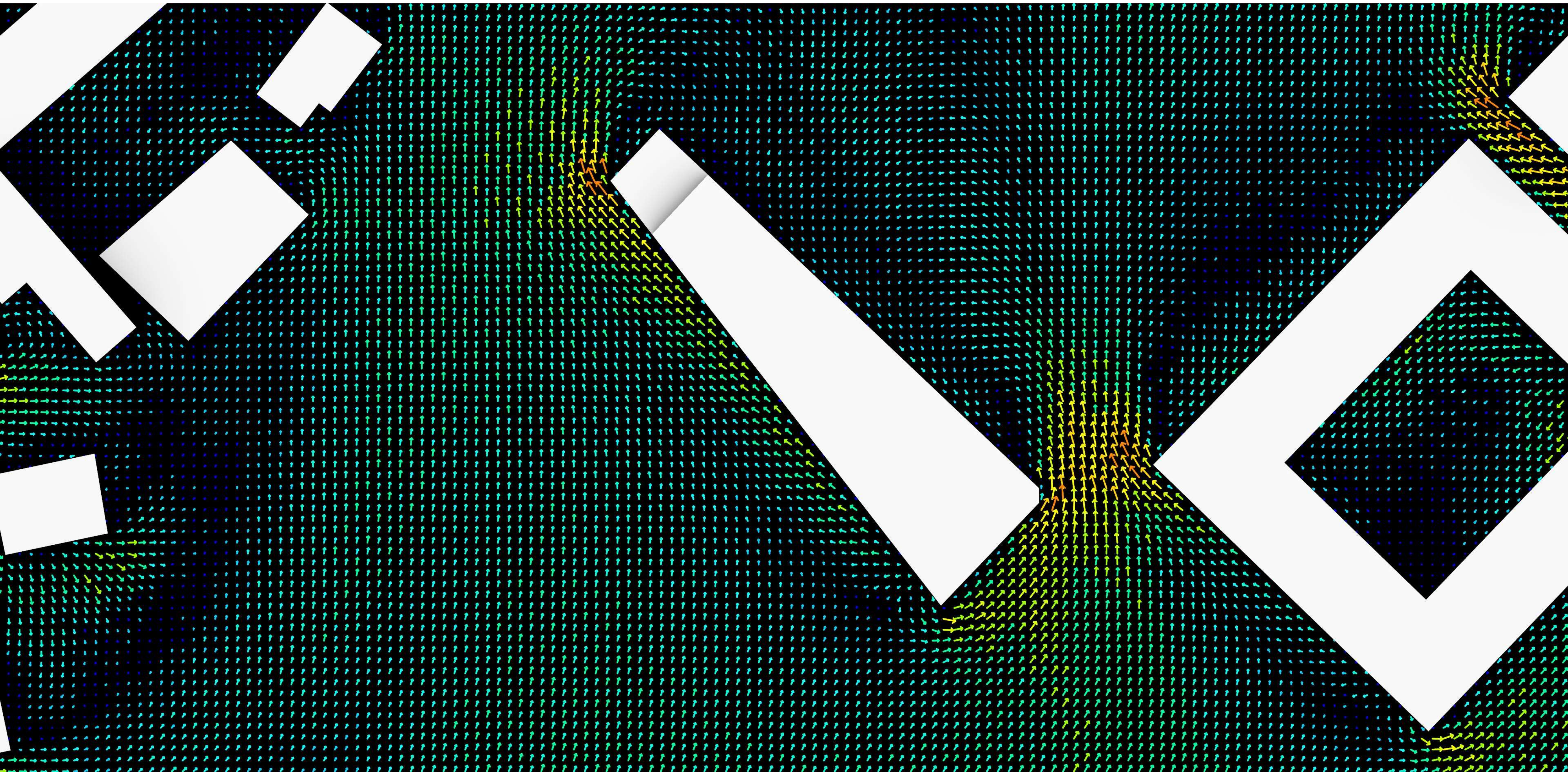


2- Analyse CFD

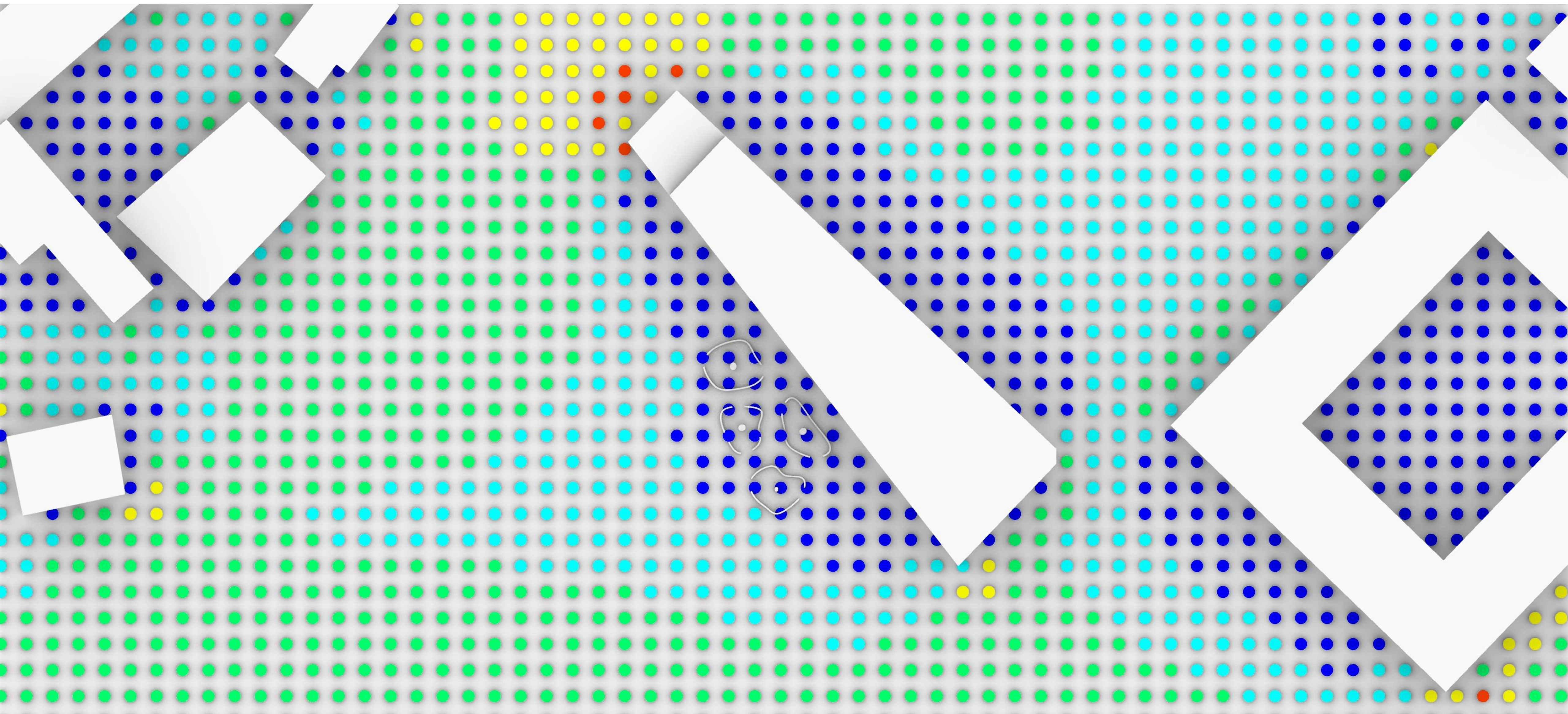
- Vitesse du vent: *6m/s*
- Angles : *205 & 235 degrés*
- Hauteurs des points d'essai : *1.5 mètre*



Wind-Rose
BRUSSELS_BEL
1 APR 1:00 - 30 APR 24:00
Hourly Data: Wind Speed (m/s)
Calm for 1.81% of the time = 13 hours.
Each closed polyline shows frequency of 1.3%. = 9 hours.



PLAN DU CONFORT PAR RAPPORT À LA VITESSE DU VENT



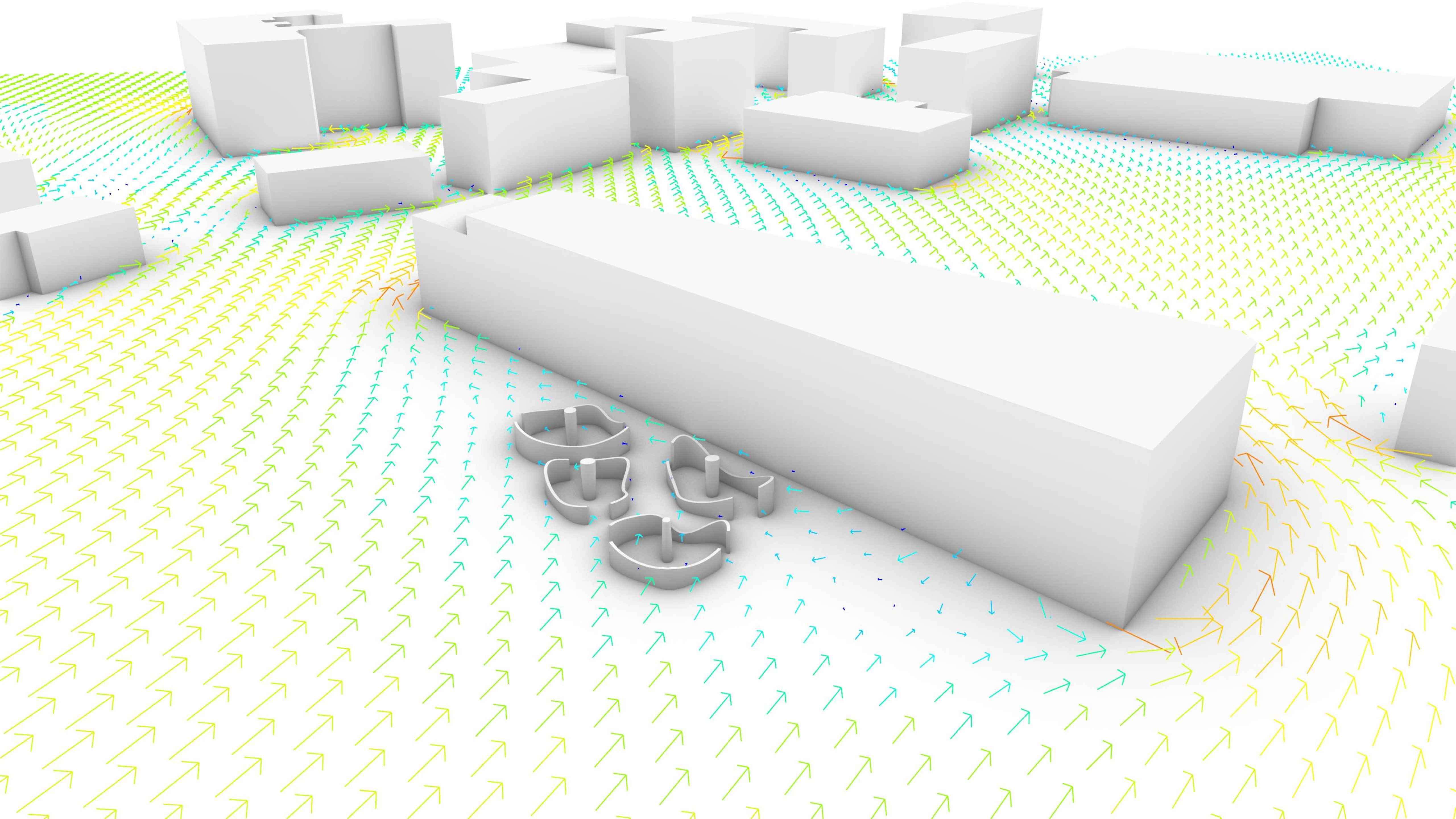
0 m/s

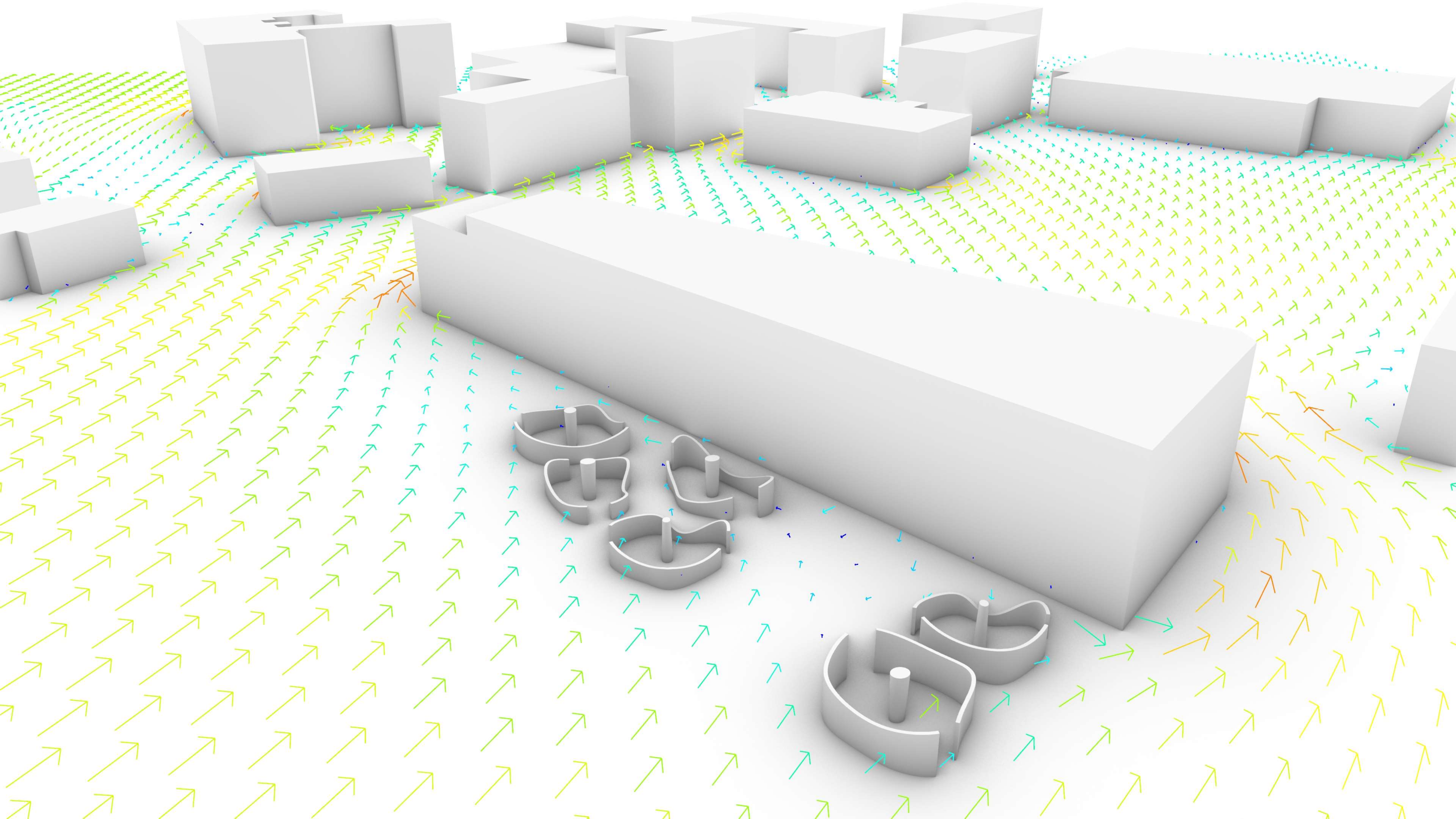


6 m/s

Points de capteur de confort du vent

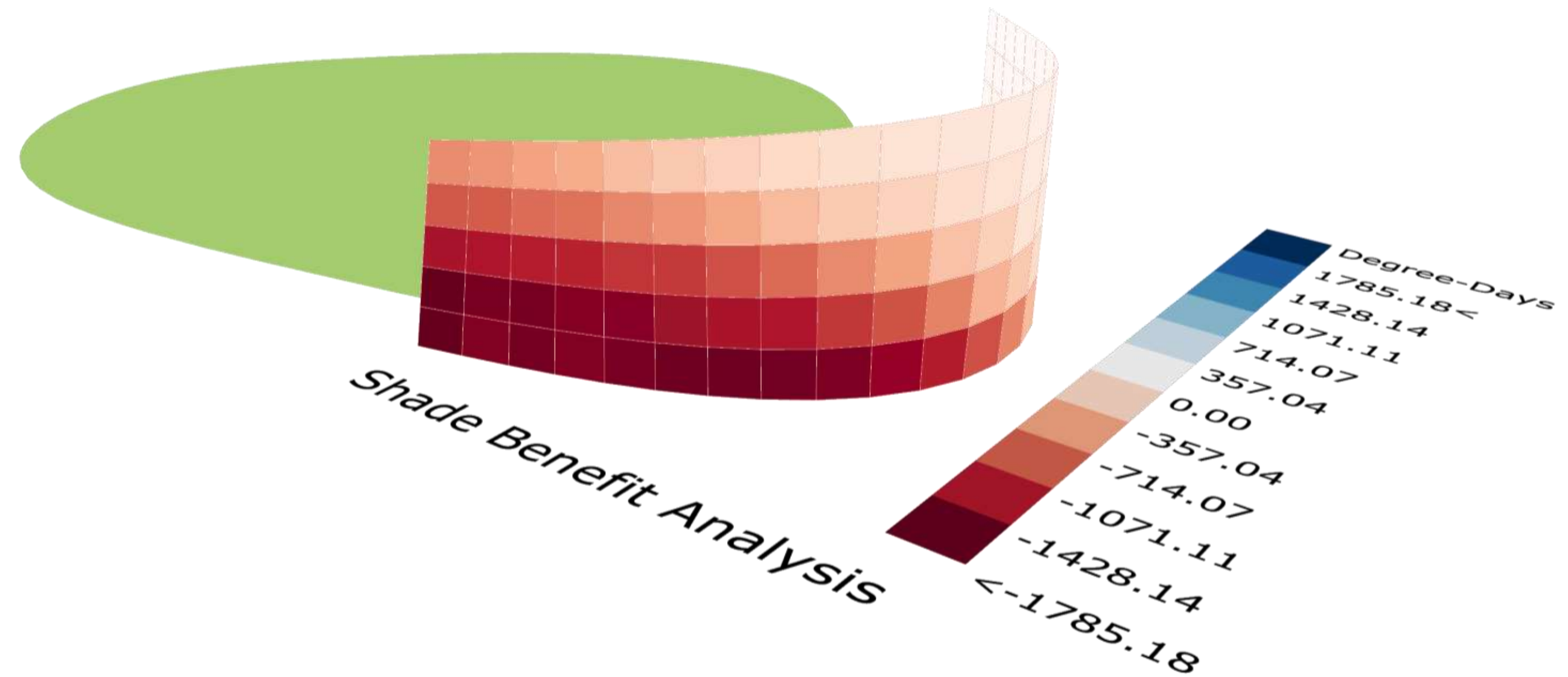
PERFORMANCE DE LA GÉOMÉTRIE PAR RAPPORT A LA VITESSE DU VENT

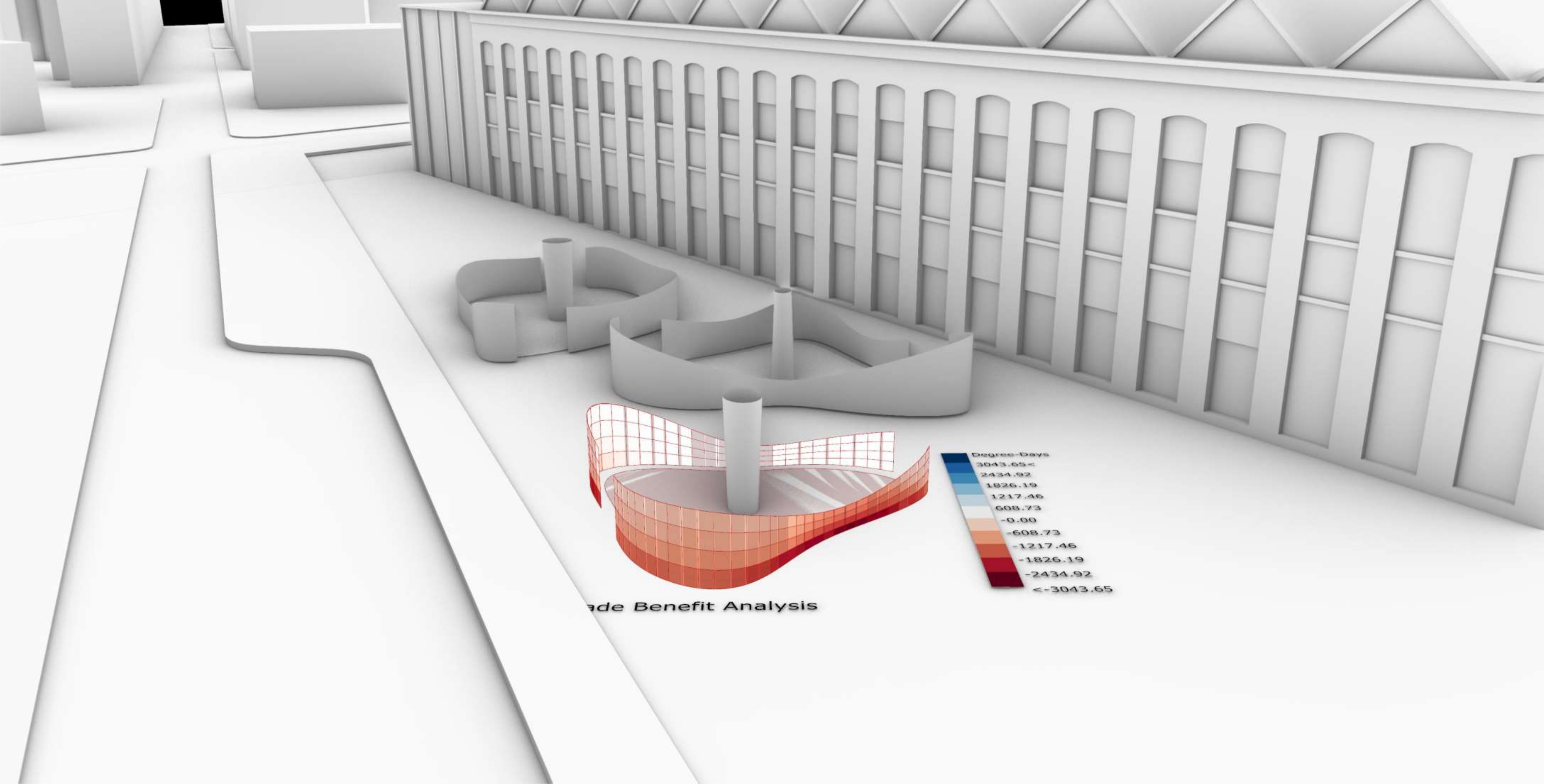




3- Analyse des performances des brise solaires

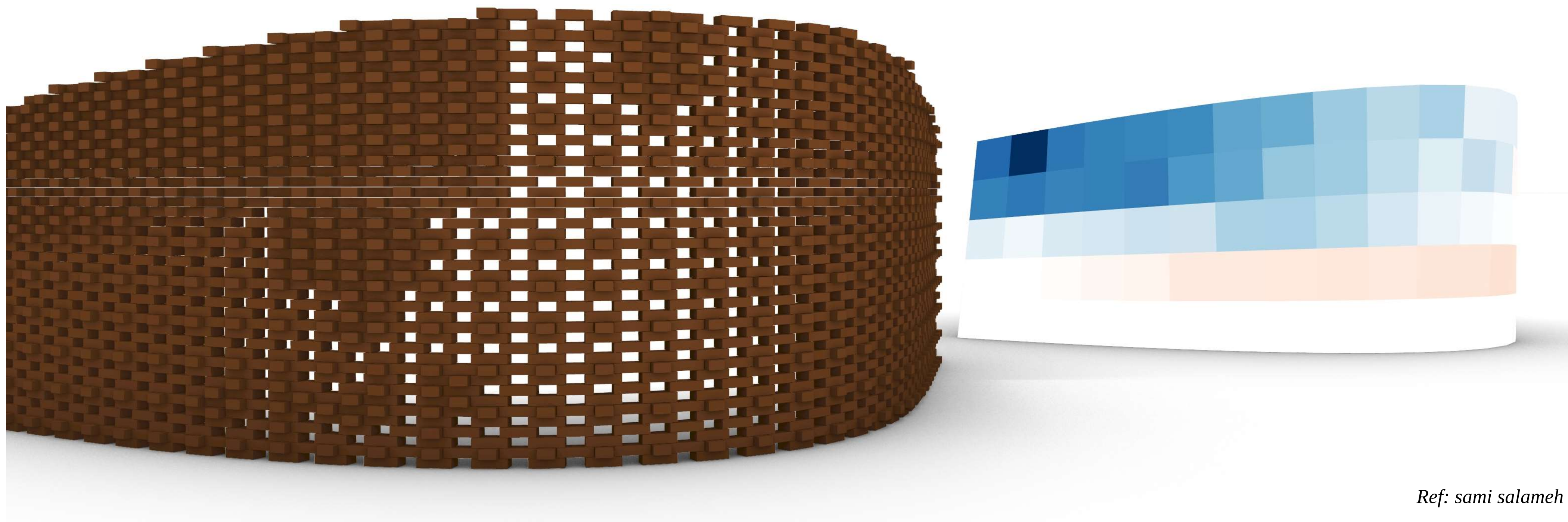
- *Periode: saison froide*
- *Nuances nocives affichées en rouge*





INTRODUIRE LES MURS EN BRIQUE AVEC DES AVANTAGES D'OMBRE À LA POSITION LA PLUS PERFORMANTE

Permettre la pénétration de la lumière uniquement lorsque les nuances ne sont pas nocives durant la saison froide.

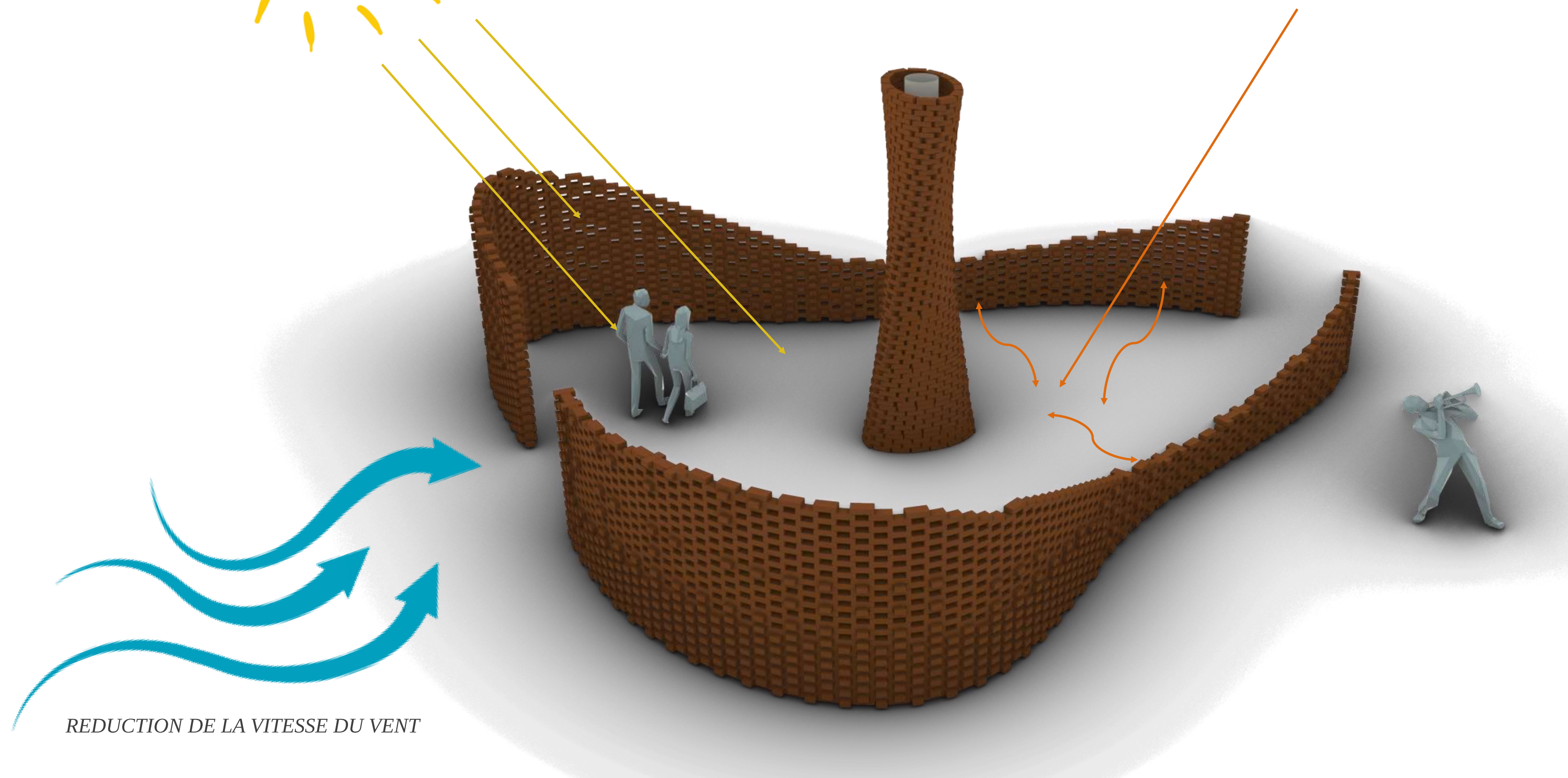


Ref: sami salameh

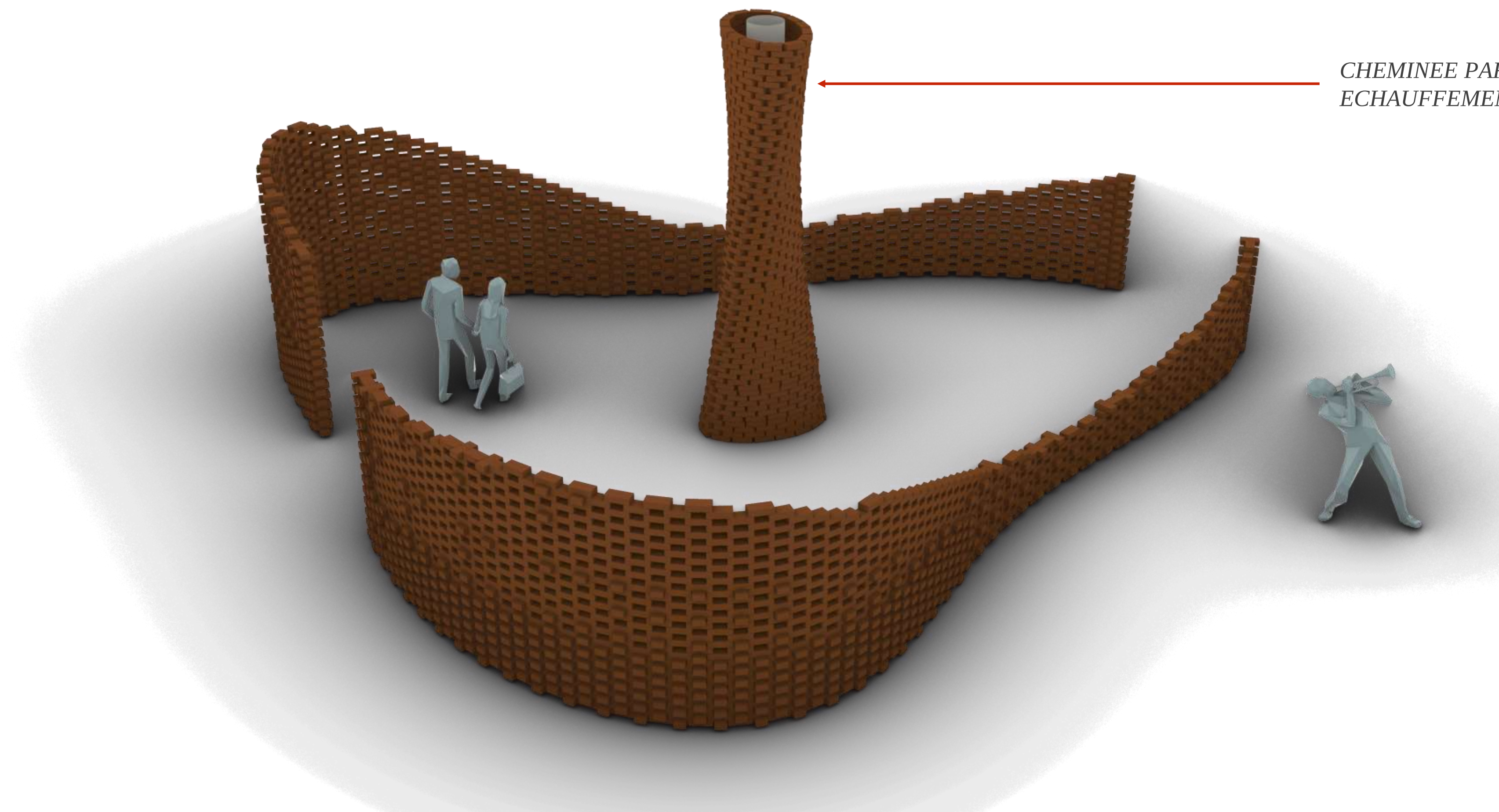
*PERFORATIONS ABSORBANTE
DES RAYONS SOLAIRES UTILES*



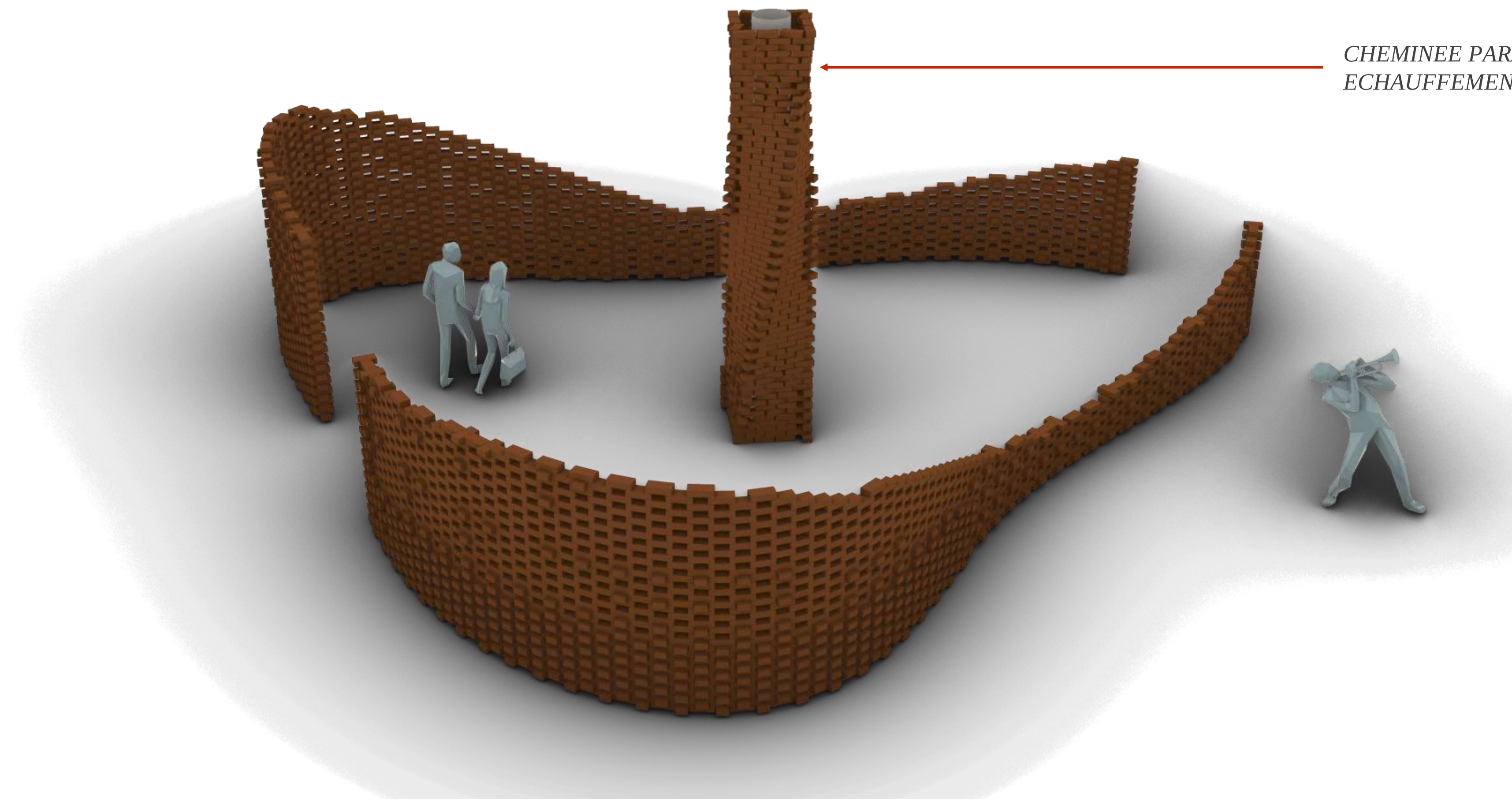
*FORME CONVEX AUGMENTANT LES
RAYONS DIFFUS ET TEMPERATURE
AMBIANTE*



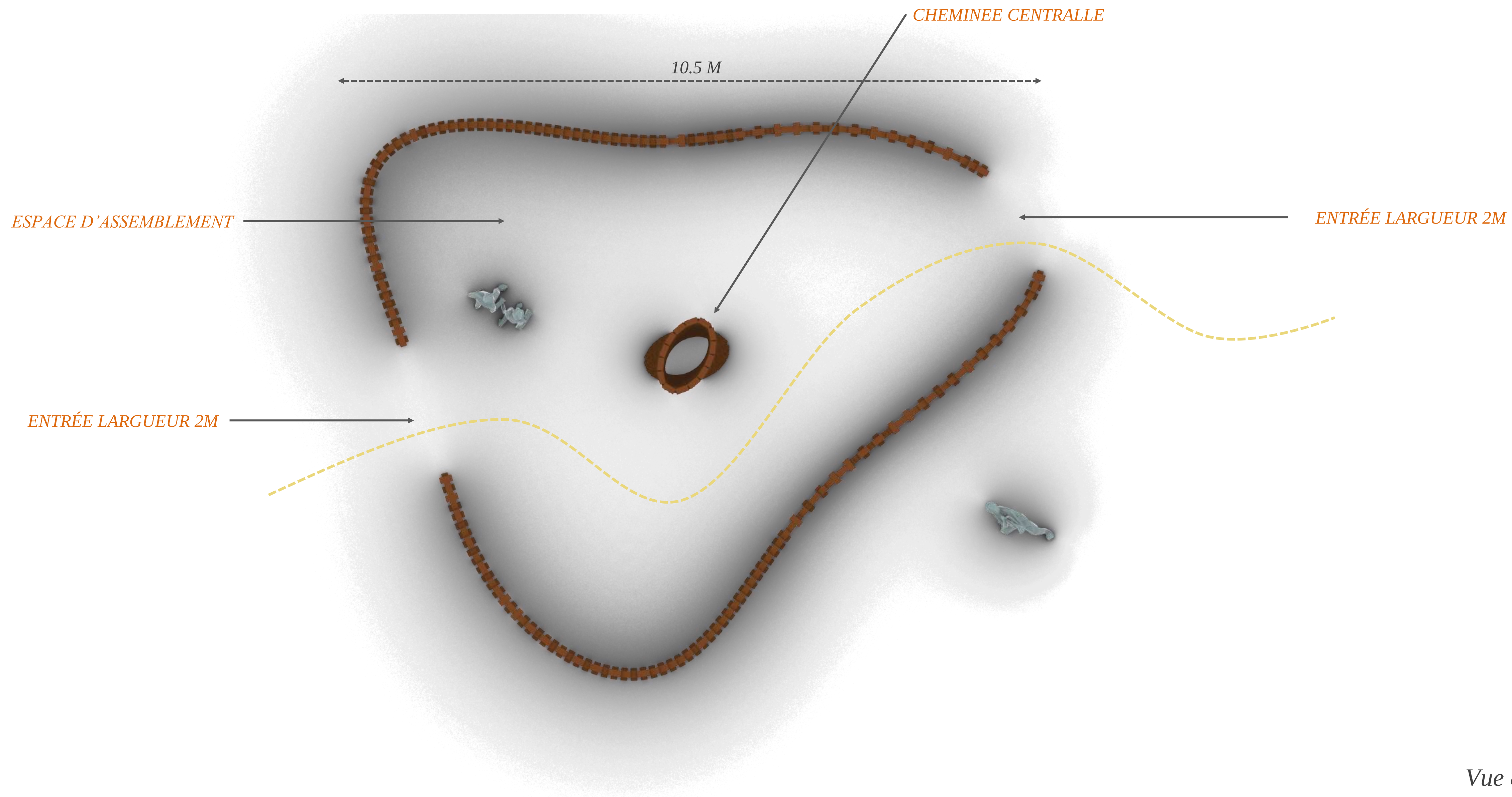
REDUCTION DE LA VITESSE DU VENT

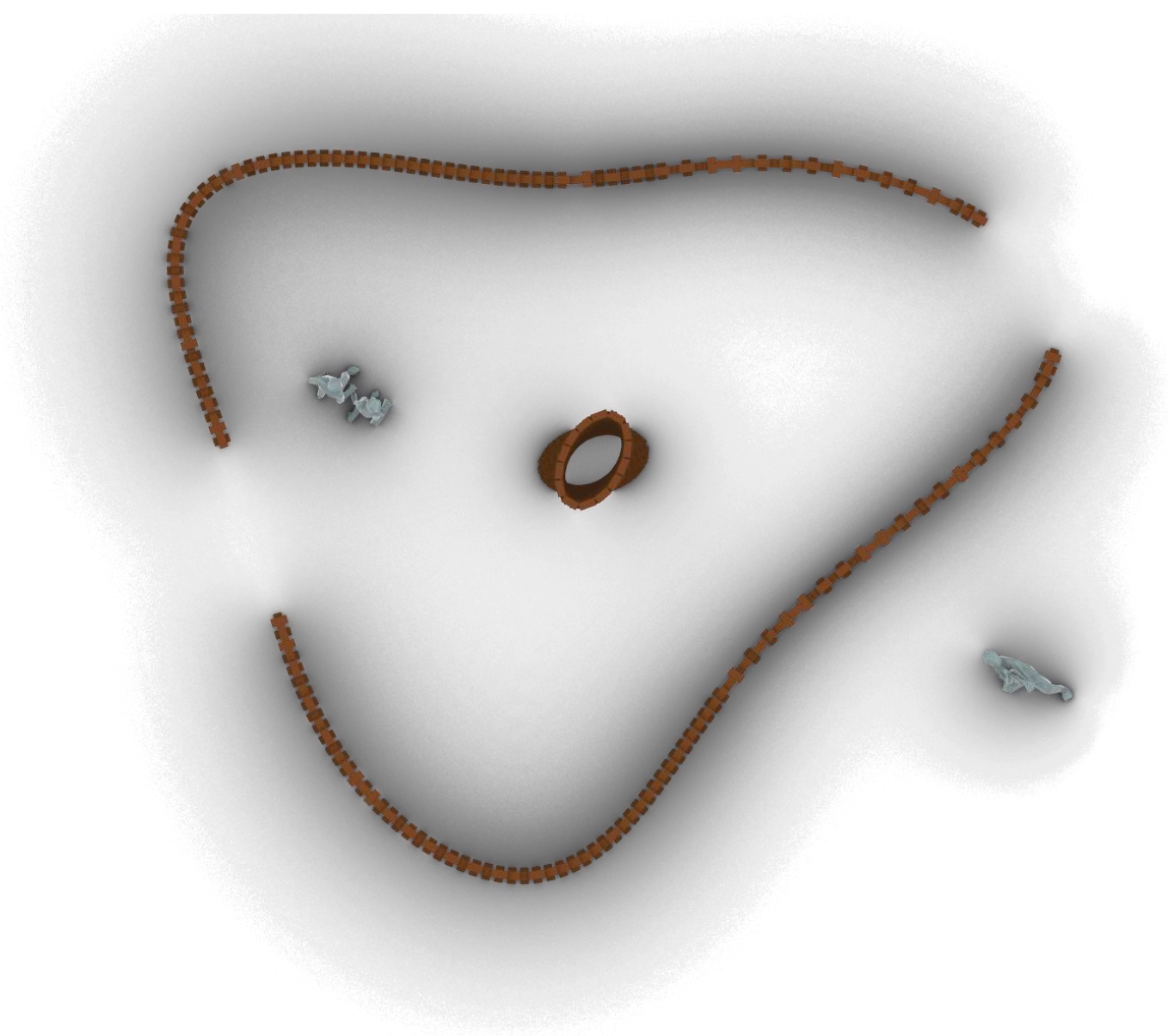
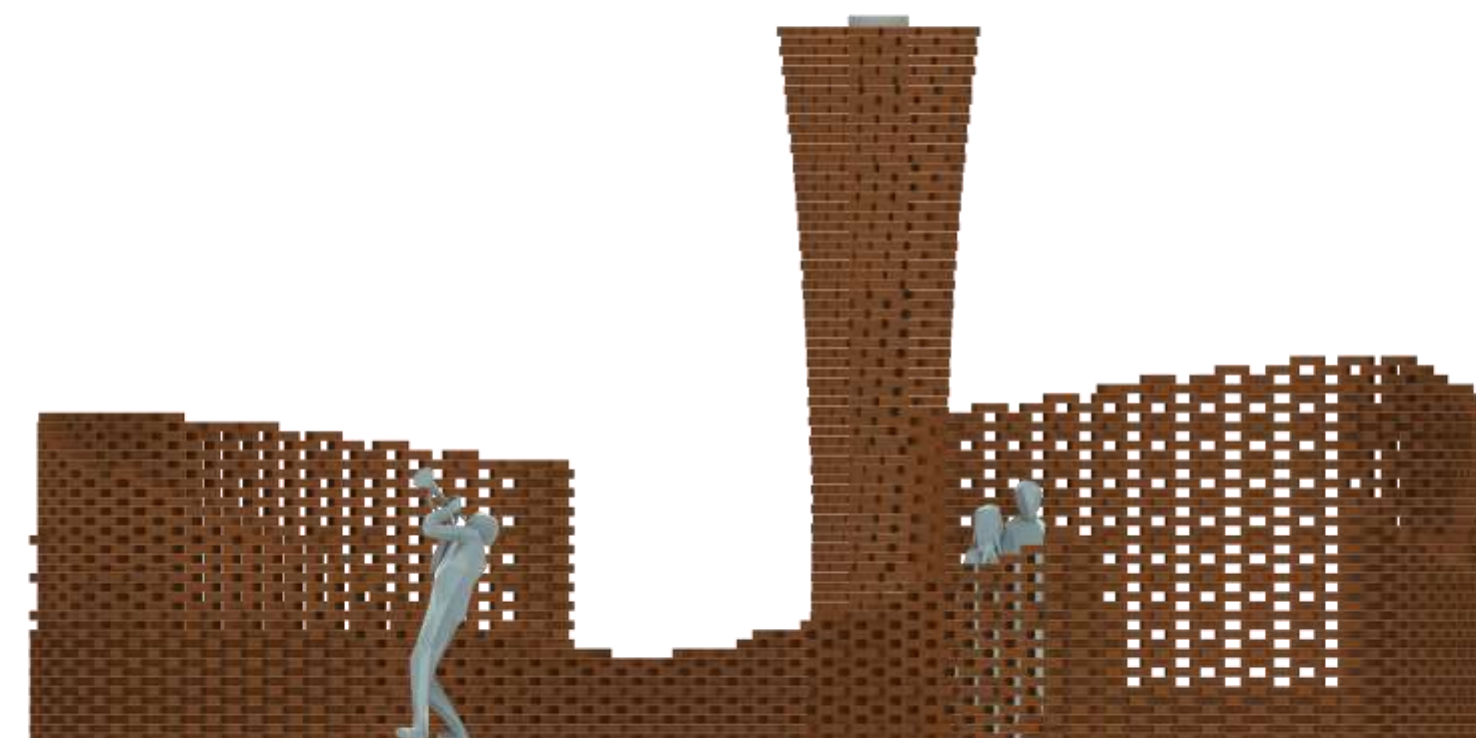
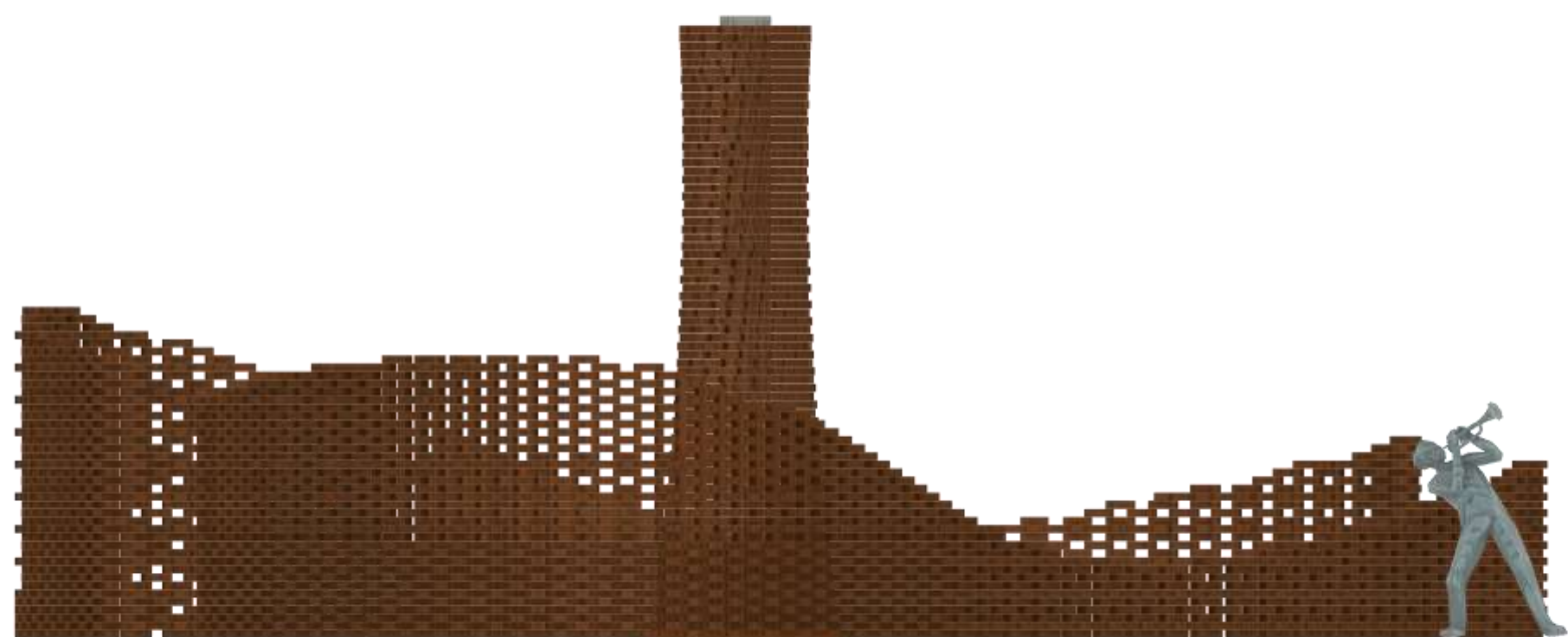


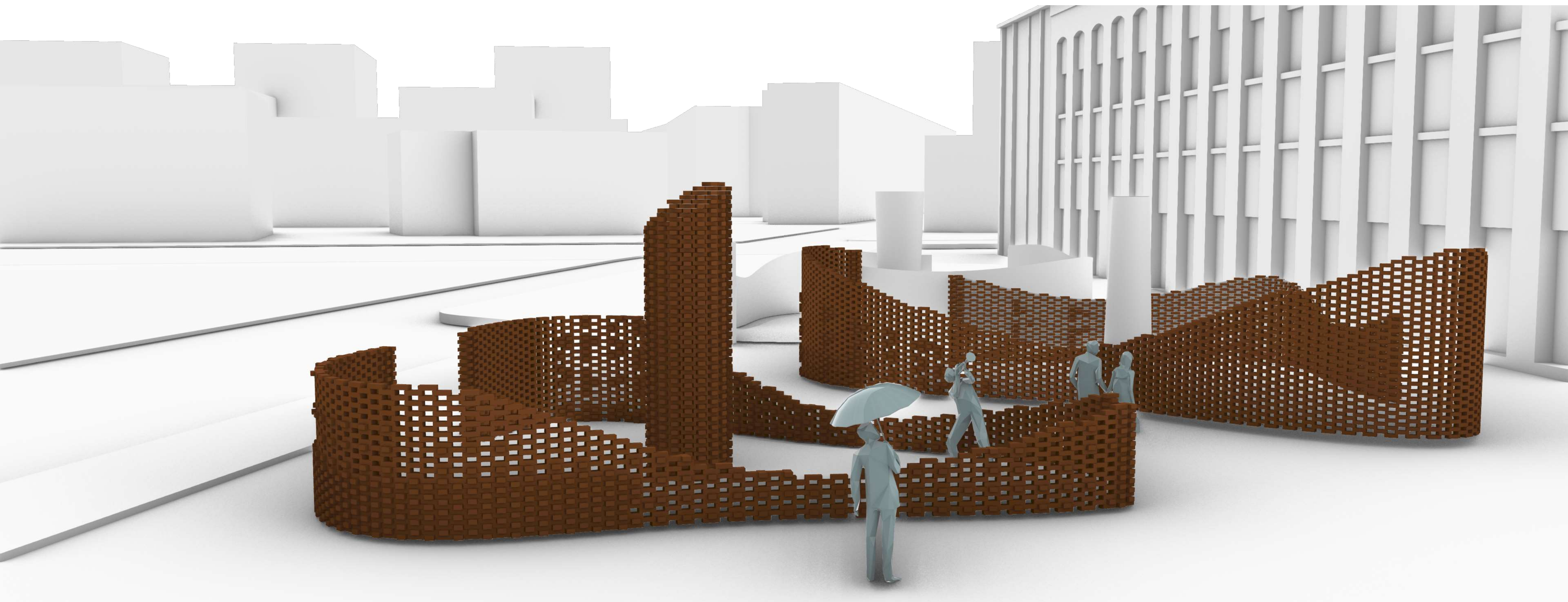
*CHEMINEE PARAMETRIQUE POUR
ECHAUFFEMENT ADDITIONEL*



*CHEMINEE PARAMETRIQUE POUR
ECHAUFFEMENT ADDITIONEL*

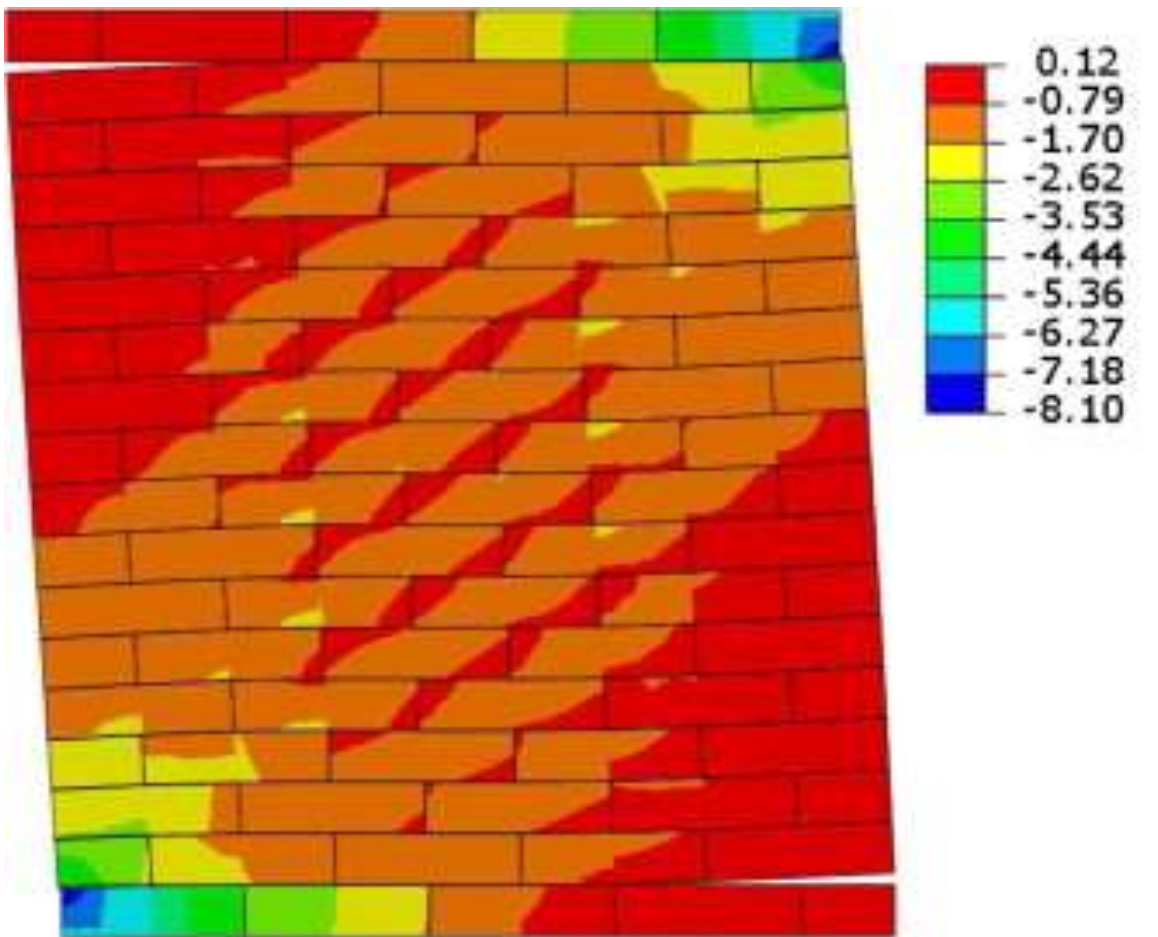




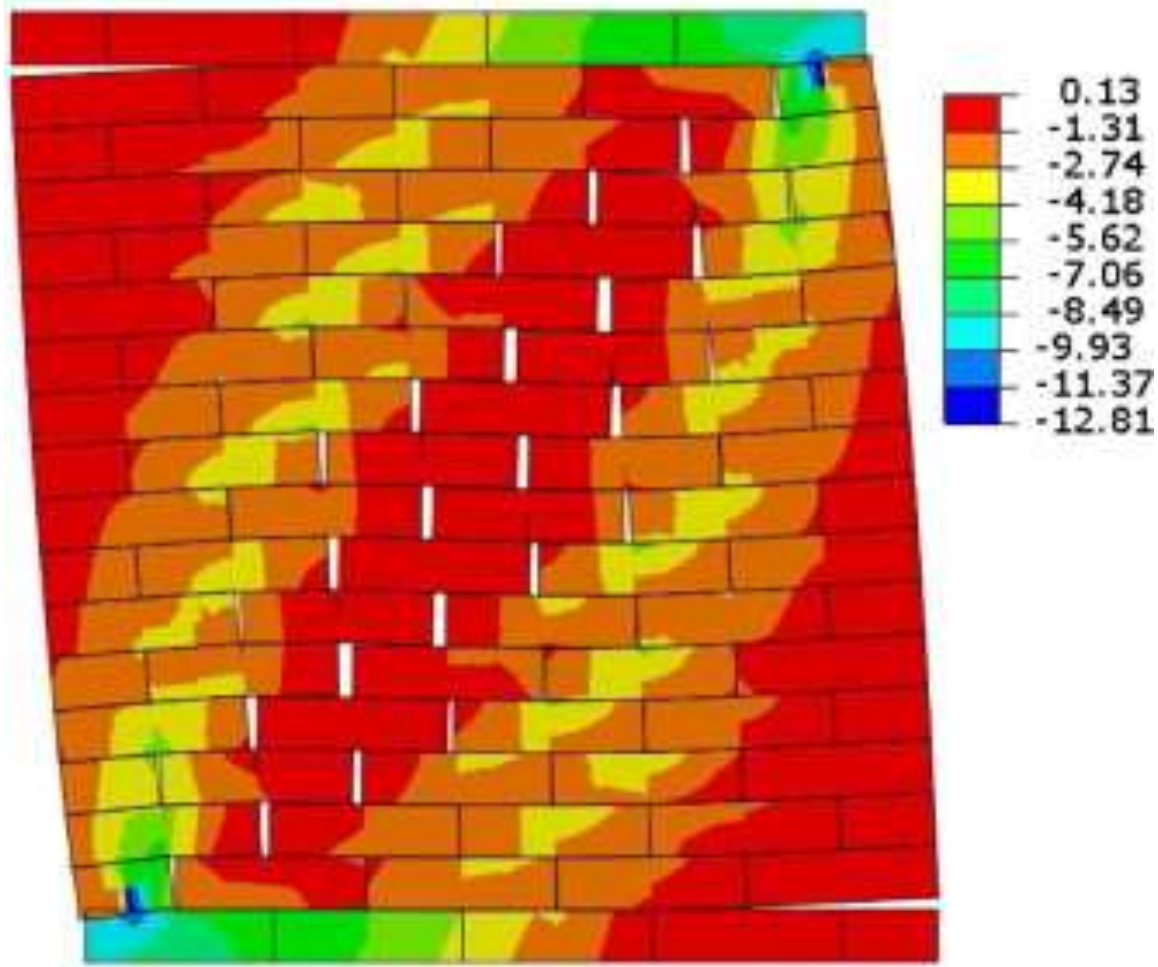


MÉTHODE DE CONSTRUCTION

Analyze de structure



(a)



(b)

Réalité augmentée pour l'installation



MERCI