

# AI-HAY!

INTELLIGENT  
FABRICATION



**A Haystack Pavillon**

NATIONAL SCHOOL OF ARCHITECTURE OF VERSAILLES

2023



# ACTORS

## EDUCATIONAL TEAM

Klaas DE RYCKE  
Oriane GUIDET  
Aurore CHAMPAGNE  
Adam ORLINSKI  
Paul COVILLAULT  
Ludovic REGNAULT  
Natacha BOU AKL  
Alina SCHUSTER  
Yuliya POZYNICH  
Matthew TAM  
Léopold SEPULCHRE  
Clément DUROSELLE  
Ali SARMAD KHAN  
Janek ZINDLER

## INSTRUCTORS

Théo ROCHÉ  
Nigel BALDACCHINO  
Louis-Guilhem PLACENTI  
Lucas THALAMY  
Antoine LAFAYE

## INTERVENANTS

Gilles RESTIN  
Alphonse SARTOUT  
Cédric HAMELIN  
Jose SANCHEZ  
Mollie CLAYPOOL  
Hadin CHARBEL

Gueorgui PETOUKHOV  
Paul-Émile PIERRE  
Lou PLANARD  
Lucie PLANCHARD  
Antinéa-Laffite PORCHET  
Fanny POUILLARD  
Romane PROST  
Julien PUCHOIS  
Jade QUIRKE  
Mathis RAME  
Gabriel RAVALLI  
Liam RAYNAUD  
Veronika REITER  
Alexandre RICHARD  
Benjamin ROBERT  
Lancelot ROCH  
Clara ROCHA  
Colinas RUIZ  
Noémie SAFFRE--HEBERT  
Oksana SARASIN  
Margot SAUDUBRAY  
Maëlle SAUNOIS ALEXANDRE  
Henri SCHLEGEL  
Eliana SDIBE  
Julia SONMEZ  
Floriane SPRINGER  
Fatima Zahra TILKAS  
Justine TOMCZYK  
Artemii TRUBNIKOV  
Jade TURZO  
Léa VAIL  
Martine VASSEUR  
Robin VUILLET  
Elise WIPFF  
Oscar WOODS  
Amin YAMANI  
Glenis ZHUBI

Antony LAFARCINADE  
Cobane LAHAYE-DE RIBEROLLES  
Aymane LAMTIRKAT  
Laurie LARDIÈRE  
Solène LARIVÉ  
Thomas LE ROUX  
Hugo LEBLAN  
Augustin LECOMTE  
Hye-Bin LEE  
Norma LEJOP  
Maelle LEMAITRE  
Éléonore LÉVY  
Éloïse LUZIEUX  
Capucine MAGADOU  
Agathe MAHE  
Inès MARCHAL  
Vincent MARIOT  
Marie-Ange MATHEVET  
Andrea MATTIOLI  
Jade MAZEO  
Alexandre MENDES  
Marwa MERABET  
Ines MESLEM  
Hagar MOHAMED MOHAMED SALAH AHMED  
Marie MONJARDET  
Mickaël MONTEIRO  
Paul MORINEAU  
Hipolyte MOUSSINET  
Benjamin MURCIA  
Eva MUSELET  
Landry NEUVY  
Mylène NGUYEN  
Marion NICLOUD  
Lara NIKOGOSSIAN  
Melih ONAL  
Rodrigue OUEDRAOGO  
Hazar ÖZAGAÇ  
Elias PALATIN  
Lucile PARIS  
Mathis PERRAULT

# STUDENTS

Auguste DEKKER  
Blanche DELESTRE  
Ramatoullaye DIALLO  
Charlotte DILHUIT  
Léa DUBROMEL  
Camille DUMONT  
Roxane DURAND  
Kaïssa EKWE  
Otman EL FATMIUI  
Elias EL KIMA  
Thomas ETCHANCHU  
Albane FABRER  
Jeanne FAUCHER  
Marine FENOLL  
Mariam FERNANDEZ ROSARIO  
Pauline FLEURY  
Justine FOREAU  
Emile FOURCADE  
Emilie GALAYA  
Mælle GALLAND  
Constance GAULTIER DE CARVILLE  
Emma GEORGE  
Flavie GIQUEL  
Yagmur GÖNENÇ  
Aglaé GOUEZEL  
Lola GREFFERAT  
Jeanne GRUSON  
Benjamin GUIRAUD  
Hazal GÜVEN  
Quentin HAUSBERG  
Louise HERMANT  
Emma HOSTIN  
Lohman HULIEV  
Mariia HUSAK  
Axel JACOB  
Priscille JEANMARIE  
Camille JINBO PINNA DA SILVEIRA  
Auriane L'HUILLIER  
Célestine LABROUSSE  
Paloma LADAM  
Kenza AFIF  
Meliza AISSAT  
Hermine ALIX  
Matias ANOYVEGA MORA  
Sabrina AYER  
Julie BACQUER  
Hammun BAHADURY  
Romina BAHTCHEVANSKA  
Clémence BAILS  
Mayra BANEL  
Dorian BERTANNIER  
Laurie BILLAUD  
Cyrielle BLANC  
Henri BLIN  
Tanguy BOISSON  
Sana BOUCHIBA  
Alexandre BOULANT  
Marion BOUTAN  
Alin BOYACIOGLU  
Candice BRANDISSOU  
Arnaud BREUILLIER  
Louise CADORET  
Vural ÇAKMAK  
Lola CAMPION  
Louise CARTIER  
Luisa Fernanda CASALLAS QUINTERO  
Isaac CASTRIEN  
Manuela CASTRO  
Alexandre CHABRIER  
Floriane CHANEL  
Lucien CHARTIER  
Guillaume CHENIN  
Romain CHRETIEN  
Ophélie CORRAL  
Yaël COUDRAY  
Anna CRAIG  
Auguste CROUZET  
Sacha DE AMORIM  
Marie-Soline DE LURION  
Louis DEFORGE--DEMONDION



# TOOLS

## FOR THE CONSTRUCTION

- \_ 400 bottes de paille : 1x0,4x0,5 m
- \_ 100 sangles
- \_ 70 tasseaux de bois : 5x0,02x0,02 m
- \_ fil de fer
  
- \_ 400 haystack : 1x0,4x0,5 m
- \_ 100 straps
- \_ 70 wooden cleats : 5x0,02x0,02 m
- \_ wire





# PROJECT

L'École Nationale Supérieure d'Architecture de Versailles a mis en place un atelier de construction expérimentale permettant de découvrir différents matériaux et différentes techniques de construction. Le workshop est le prémice d'un atelier de projet de master visant à créer un pavillon pour la Fédération Française d'Équitation pour les Jeux Olympiques 2024.

Cette année la paille est mise à l'épreuve, un matériau organique dont les propriétés techniques et constructives permettent des structures porteuses.

La paille est reconnue comme étant le mode constructif ayant le plus faible impact environnemental par l'étude Terracrée.

Elle permet de créer des parois biosourcées aux performances thermiques exceptionnelles.

Le workshop prévoit alors de comprendre ces caractéristiques par l'expérimentation par groupe de 20 élèves.

Chaque groupe s'est vu attribuer un élément porteur pour créer un pavillon final.

L'exposition se déroulera à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Malaquais et retracera les projets des 22 Écoles d'Architecture de France.

The National School of Architecture of Versailles has set up an experimental construction workshop to discover different materials and different constructions technicals.

The workshop is the beginning of a master's project workshop aimed at creating a pavilion for the French Equestrian Federation for the 2024 Olympic Games.

This year the hay is put to the test, an organic material whose technical and constructive properties allow load-bearing structures.

Straw is recognized as the construction method with the lowest environmental impact by the Terracrée study.

It makes it possible to create biosourced walls with exceptional thermal performance.

The workshop then plans to understand these characteristics through experimentation in groups of 20 students.

Each group was assigned a supporting element to create a final pavilion.

The exhibition will take place at the National School of Architecture of Malaquais and will retrace the projects of the 22 Nationals Schools of Architecture in France.



L'exposition met en lumière les réalisations des étudiants, démontrant comment la paille peut être utilisée de manière créative et innovante dans l'architecture contemporaine. Elle soulignera l'importance de l'expérimentation et de la recherche dans la formation des futurs architectes, en encourageant les étudiants à repousser les limites de la construction traditionnelle et à explorer de nouvelles solutions pour répondre aux défis environnementaux auxquels nous sommes confrontés.

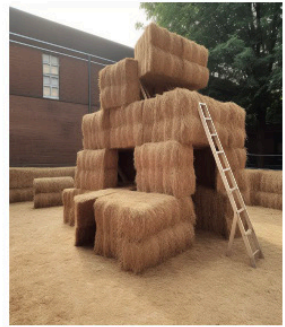
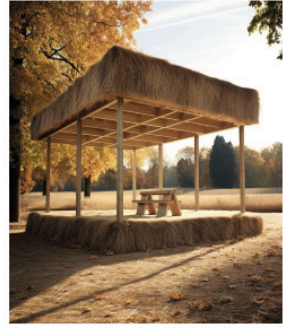
Les étudiants ont été amenés à conceptualiser les différents éléments du pavillon final, dans le but d'explorer les limites du matériau. Ils ont été encouragés à utiliser divers outils et méthodes de communication, tels que Mid Journey, Grasshopper, Karamba (outils informatique d'intelligence artificielle) et le dessin à la main, pour développer leur projet. Les étudiants ont également effectué plusieurs essais pour déterminer la meilleure manière d'utiliser la botte de paille en tant que matériau porteur.

Ces tests ont permis de comprendre les propriétés mécaniques de la botte de paille et d'identifier les méthodes de construction les plus efficaces pour assurer la solidité et la stabilité de la structure finale. Ces expérimentations ont joué un rôle crucial dans la phase de conception, permettant aux étudiants de prendre des décisions éclairées pour la réalisation du pavillon. L'exposition recense alors les différents documents réalisés par les étudiants, allant de la maquette aux documents graphiques afin de communiquer au mieux leur projet.

The exhibition highlights students achievements, demonstrating how hay can be used creatively and innovatively in contemporary architecture. It will underline the importance of experimentation and research in the training of future architects, encouraging students to push back the boundaries of traditional construction and explore new solutions to the environmental challenges we face.

Students were asked to conceptualize the different elements of the final pavilion, with the aim of exploring the limits of the material. They were encouraged to use various tools and communication methods, such as Mid Journey Grasshopper, Karamba (artificial intelligence computing tools) and hand-drawing, to develop their project. The students also carried out several tests to determine the best way to use straw bales as a load-bearing material.

These tests helped them understand the mechanical properties of hay and identify the most effective construction methods to ensure the strength and stability of the final structure. These experiments played a crucial role in the design phase, enabling the students to make informed decisions about the pavilion's construction. The exhibition features the various documents produced by the students, from models to graphic documents, to help them communicate their project.



# ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Notre pratique de conception a progressivement évolué au cours des dernières décennies pour intégrer des outils de conception numérique.

Simultanément, la numérisation s'est infiltrée dans le monde de la fabrication à une vitesse sans précédent. Elle a non seulement permis une production moins chère et plus rapide, mais grâce à sa démocratisation, a également ramené le designer au centre du processus de fabrication.

Dans une tentative d'aborder ces sujets, il est devenu courant que les programmes d'enseignement incluent «l'apprentissage par la pratique» comme un principe, notamment à travers la construction à l'échelle 1:1 en plus des maquettes à l'échelle. Par conséquent, l'architecture et les écoles d'ingénieurs ont dû s'adapter en créant des installations de fabrication dans leurs locaux créant ainsi de nouvelles relations entre les matériaux, la fabrication et la conception. Ces approches numériques expérimentales ont eu le mérite de stimuler l'intérêt du monde de la recherche vers celui de la fabrication et ont ainsi induit un échange de connaissances entre des parties qui luttaient pour communiquer. Cet atelier veut explorer certains des développements actuels dans ce domaine.

L'atelier doit interroger l'étudiant sur le rôle des techniques de fabrication, les outils (numériques) actuels à la disposition des étudiants pour la conception et découvrir le rôle de la géométrie, de la topologie et de la matérialité en tant que forces motrices dans le design.

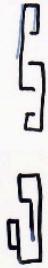
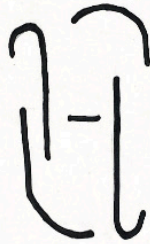
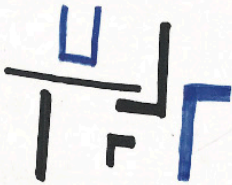
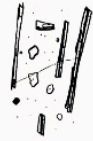
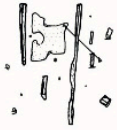
Our design practice has progressively been evolving for the past few decades to incorporate digital design tools.

Simultaneously, digitisation has been infiltrating the manufacturing world with an unprecedented speed. Digital fabrication has not only enabled cheaper and faster production but through its democratization, has also brought back the designer at the centre of the manufacturing process.

In an attempt to address these topics, it has become common for teaching curricula to include "learning by doing" as a principle, notably through 1:1 scale construction in addition to scaled models. Consequently, architecture and engineering schools have had to adapt by creating manufacturing facilities within their premises thus creating novel relations between materials, manufacturing and design. These experimental digital approaches have had the merit of stimulating the interest of the research world towards the manufacturing one and have therefore induced an exchange of knowledge between parties that struggled to communicate.

This workshop wants to explore some of the current developments in this field.

The workshop should question the student about the role of fabrication techniques, the current (digital) tools available to students for conception and learn about the role of geometry, topology and materiality as driving forces in the design.



# MID JOURNEY

Mid Journey est une intelligence artificielle informatique qui crée des images à partir de mots et d'images saisis par ses utilisateurs pour ensuite produire de nouvelles images à partir de ces références. Les étudiants ont donc chacun inséré des schémas abstraits dessinés à la main pour que l'intelligence artificielle en crée de nouvelles. Après la sélection cela nous a permis d'avoir des lignes directives qui nous ont orienté et repartit vers des éléments architecturaux tels que la poutre, le plancher, le poteau, l'arc ou encore le mur. Nous avons donc demandé à Mid Journey de nous proposer de nouveaux pavillons en paille. Nous avons donc inséré des images de notre pavillon construit durant la première semaine. Tout en reprenant les éléments structurels comme les poteaux, les planchers, les murs et les arcs. Les résultats sont très intéressants et nous permettent de créer des bâtiments à l'infini.

Mid Journey is a computer artificial intelligence that creates images from words and images entered by its users to then produce new images from these references. The students therefore each inserted hand-drawn abstract diagrams for the artificial intelligence to create new ones. After the selection, this allowed us to have guidelines that oriented us and went back to architectural elements such as the beam, the floor, the post, the arch or the wall. So we asked Mid Journey to offer us new straw pavilions. We have therefore inserted images of our pavilion built during the first week. While taking up structural elements such as columns, floors, walls and arches. The results are very interesting and allow us to create buildings ad infinitum.

## ABOUT THE MATERIAL

**Capacité d'isolation** : résistance thermique supérieure à  $7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  pour une épaisseur de 37 cm

**Capacité thermique massique** :  $1560 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur** :  $\mu = 1.04$

**Classe de comportement au feu** : classement E

**Emission dans l'air intérieur** : A+

**Bilan carbone** : Bilan négatif car il contient du carbone

**Qualité acoustique** : Très bonne isolation acoustique, un ballot de paille peut offrir une isolation acoustique pouvant atteindre 50 dBA!

**Insulation capacity** : thermal resistance exceeding  $7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  for a thickness of 37 cm

**Specific heat capacity** :  $1560 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

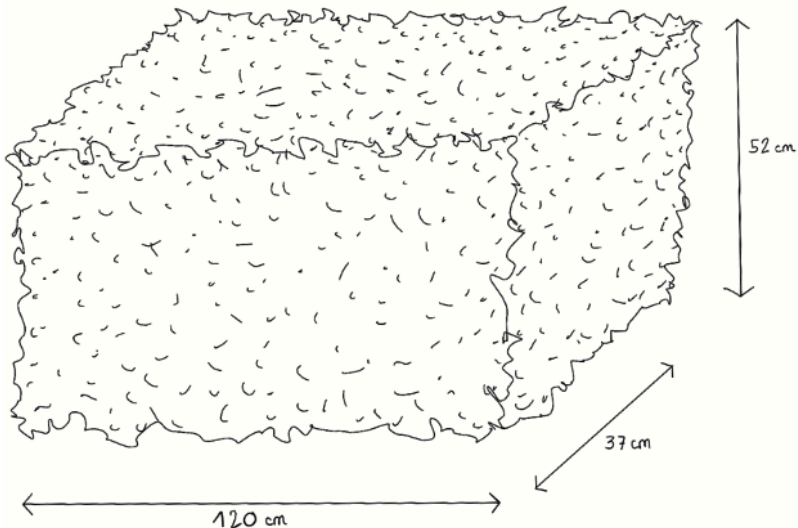
**Coefficient of resistance to vapour diffusion** :  $\mu = 1.04$

**Type of fire behaviour** : type E

**Emission in indoor air** : A+

**Carbon footprint** : Negative footprint because it contains carbon

**Acoustic quality** : excellent acoustic insulation, a hay block can provide acoustic insulation as high as 50 dBA.!





# THE HAY

Le secteur du bâtiment représente 43% des consommations énergétiques. Nous devons donc trouver des matériaux durables, écologiques tout en favorisant les circuits courts. La paille serait-elle l'une des solutions pour diminuer la consommation dans ce domaine?

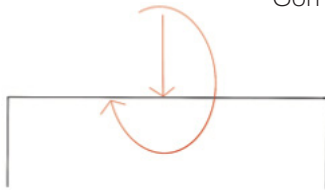
La paille est la tige de certains graminées. Différentes variétés existent, comme l'orge, le blé, l'avoine, le seigle et le riz. Dans le monde agricole, c'est uniquement la partie haute avec l'épi qui est utilisée et le reste est souvent jeté. Il reste après la moisson la partie inférieure de la tige, de faible hauteur, qui reste plantée au sol, constituant la chaume et l'éteule. Issu des champs il est possible d'en s'y procurer directement chez l'agriculteur. La paille est donc un matériau biosourcé. De plus en plus utilisé du à sa croissance rapide, il sert principalement d'isolant mais est peu à peu utilisé pour ces propriétés structurelles.

The construction industry represents 43% of energy consumption. We must find sustainable and ecological materials, while encouraging short circuits. Would hay be one of the solutions to reduce consumption in this industry?

Hay is the stem of certain herbs. Different varieties exist, such as barley, wheat, oats, rye and rice. In the agricultural industry, only the upper part with the ear is used. The rest is often thrown away. The lower part of the stem remains after the harvest, of low height, which stays planted on the ground, forming the thatch and the sheath. In the fields, it is possible to purchase directly from the farmer. Hay is therefore a biosourced material. Increasingly used due to its rapid growth, it serves mainly as insulation but is gradually used for these structural properties.

Comment les efforts se répartissent-ils ?

How are efforts distributed ?



La répartition des efforts se fait de manière homogène. Cela permet d'éviter le flambement.

Efforts repartition are uniformly distributed.

This helps to avoid buckling.



# PROCESS

Le projet s'est construit par la promotion de troisième année de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Versailles constituée de 157 personnes avec l'aide de l'équipe pédagogique qui encadrait le workshop et les moniteurs. La promotion s'est ensuite divisée en 8 groupes d'environ 20 élèves par groupe pour tester plusieurs techniques de constructions et de montages pour ensuite réaliser tous ensemble le pavillon final.

Chaque groupe occupant une tâche bien précise.

- \_ le groupe s'occupant des **murs**
- \_ le groupe s'occupant des **poteaux**
- \_ le groupe s'occupant des **poutres**
- \_ le groupe s'occupant des **arches**
- \_ le groupe s'occupant des **jonctions**
- \_ le groupe s'occupant de la **dalle**
- \_ le groupe s'occupant de rédiger le livret, les affiches, de la communication, de réaliser les films et les photos et d'installer les expositions aux Écoles de Versailles et de Malaquais.

Les premiers jours étaient dédiés à des tests en maquettes et en dessins, puis ensuite à des tests à l'échelle 1 pour chaque groupe et enfin la construction finale du pavillon avec toutes les promotions.

The project was built by the third year promotion of the National School of Architecture of Versailles made up of 157 people with the help of the teaching team who supervised the workshop and the monitors.

The promotion was then divided into 8 groups of about 20 students per group to test several construction and assembly techniques and then all together create the final pavilion.

Each group occupying a specific task.

- \_ the group in charge of the **walls**
- \_ the group in charge of the **columns**
- \_ the group in charge the **beams**
- \_ the group in charge of the **arches**
- \_ the group in charge of **junctions**
- \_ the group in charge of **slab**
- \_ the group in charge for writing the booklet, the posters, communication, making the films and photos and setting up the exhibitions at the Versailles and Malaquais exhibitions.

The first days were dedicated to tests in models and drawings, then to scale 1 tests for each group and finally the final construction of the pavilion with all the promotions.



# ARCHES

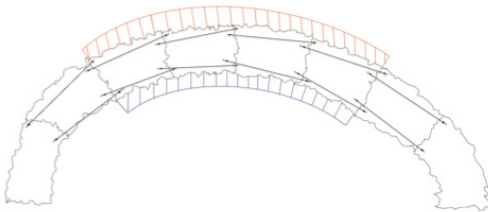
L'arche désigne une structure incurvée capable d'enjamber un espace tout en soutenant un poids significatif.

La résistance des blocs de paille à la compression permet d'ériger un mur. Sangles et câbles assurent la précontrainte afin de constituer un ensemble solidaire. Le travail par blocs offre une grande diversité de conception. L'agencement de ces briques apporte des effets d'ombre, de lumière et d'épaisseur. Aussi, un travail d'entrelacement des briques naît au niveau des jonctions. Enfin, un défi intéressant avec la paille est la création d'ouverture au sein du mur avec le porte-à-faux, la récupération des charges par des câbles en traction, des éléments horizontaux en bois et la précontrainte du cœur du mur.

An arch represents a curved structure capable of extending into space while supporting a significant weight.

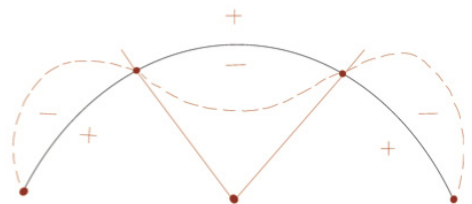
The resistance of straw blocks to compression makes it possible to erect a wall. Straps and cables ensure the prestressing in order to form a solid assembly. Block work offers a great diversity of design. The arrangement of these bricks brings effects of shadow, light and thickness.

Also, a work of interlacing of the bricks is born at the level of the junctions. Finally, an interesting challenge with the straw is the creation of an opening within the wall with the cantilever, the recovery of the loads by tensile cables, horizontal wooden elements and the prestressing of the heart of the wall.



Comment fonctionne une arche ?

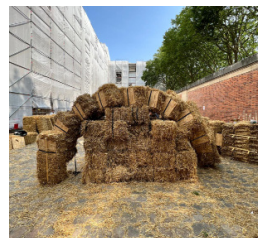
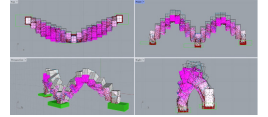
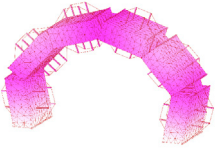
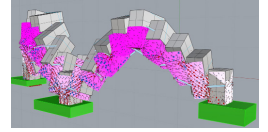
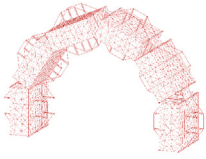
How does an arch work ?

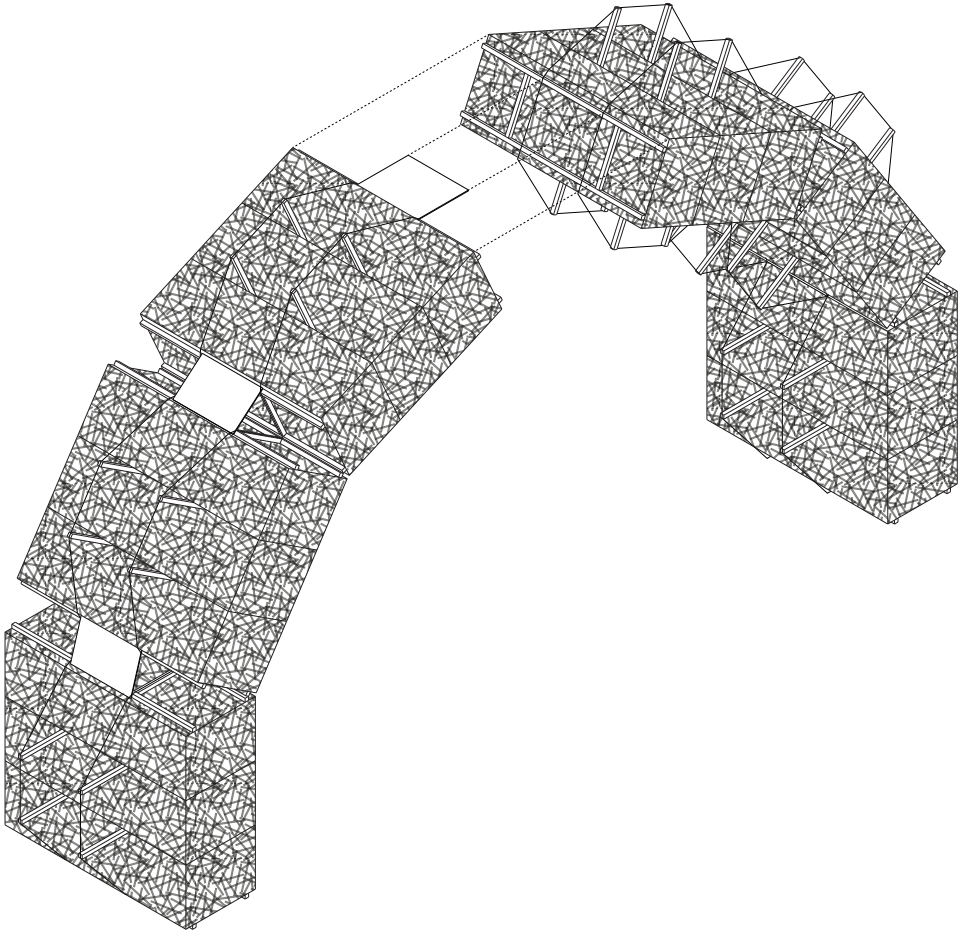


On observe un moment de traction sur la partie supérieure et de compression sur la partie inférieure. La déformation se fait sur la partie centrale.

We can observe a moment of tension on the superior part and compression on the inferior part. The deformation is done on the central part.















# BEAMS

La poutre est l'élément qui fait partie de la composition de l'ossature du bâtiment. Elle a pour rôle de reprendre les charges du bâtiment. Elle a pour rôle de reprendre les charges et les poids propres des matériaux pour les transmettre aux poteaux ou murs porteurs. De manière générale, la poutre est scellée horizontalement, sous un plancher ou une dalle, constituant une assise solide.

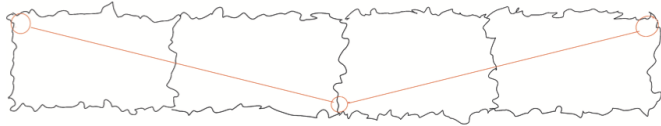
The beam is the element that is part of structure of building. Its role is to support the loads and weights of the materials and transfer them to the supporting columns or walls. Generally, the beam is sealed horizontally, under a floor or a slab, forming a solid base.

Comment fonctionne une poutre en paille ?

How does a hay beam work ?

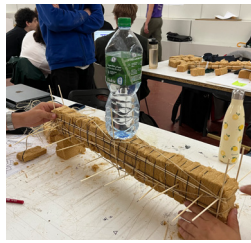
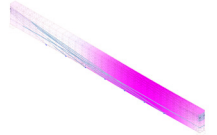
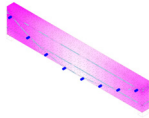
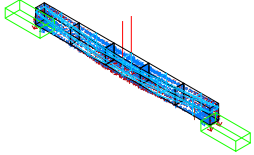
Des câbles de précontrainte sont utilisés.

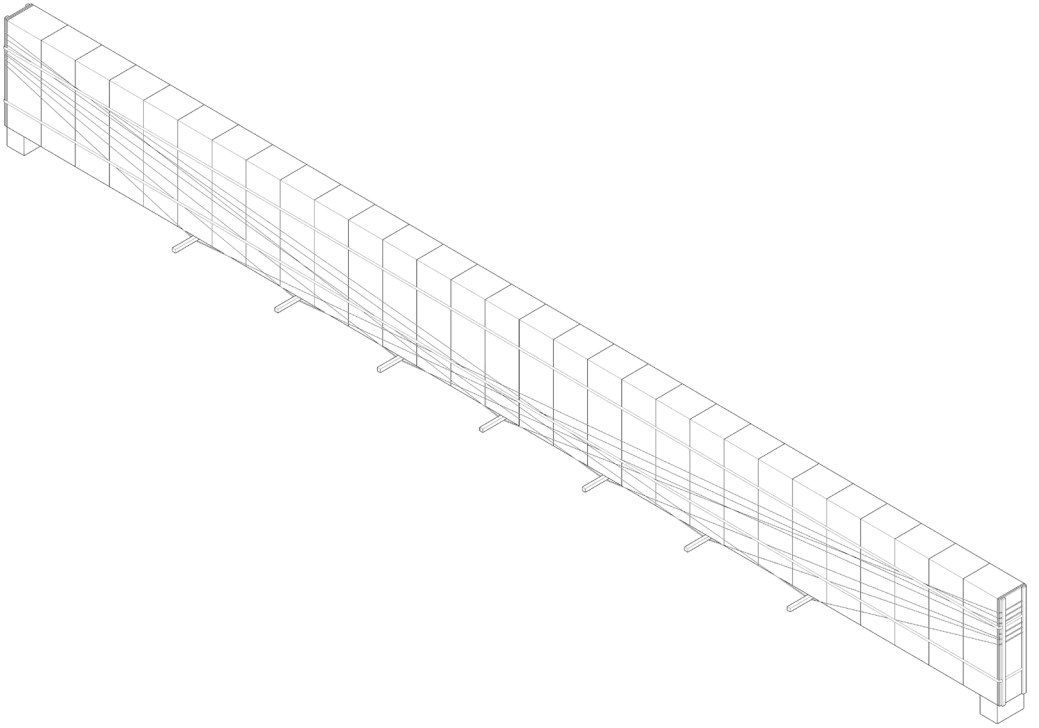
Prestressed cables are used.



La paille étant un matériau qui travaille essentiellement en compression, utiliser ce matériau pour concevoir une poutre nécessite l'utilisation d'éléments qui reprennent les efforts de traction. Afin d'atteindre une certaine portée, il est essentiel d'utiliser des câbles tendus pour ramener les efforts au niveau des appuis. Il est aussi important de comprimer les différentes bottes de paille afin de les solidariser et qu'elles agissent comme un seul et même élément. La difficulté est de trouver un juste milieu entre la compression et la sur-compression pour éviter le flambement de la poutre.

Straw being a material that works mainly in compression, using this material to design a beam requires the use of elements that take up the tensile forces. In order to achieve a certain span, it is essential to use tensioned cables to bring the forces to the level of the supports. It is also important to compress the different bales of straw in order to unite them and that they act as one and the same element. The difficulty is to find a happy medium between compression and over-compression to avoid buckling of the beam.







# COLUMNS

Les poteaux sont des éléments structurels essentiels dans la construction de divers types de bâtiments. Aujourd'hui, l'utilisation de matériaux bas carbone gagne en popularité, et la paille s'est révélée être une alternative intéressante. Nous avons donc pu édifier sur la dernière semaine une colonne de paille nous permettant d'examiner les propriétés de celle-ci.

- forte compression
- fablement
- besoin de renforts (bois et fils de fer) - pré-contrainte (sangles)

Columns are essential structural elements in the construction of various types of buildings. Today, the use of low carbon materials is gaining popularity, and straw has proven to be an attractive alternative. We were therefore able to build over the last week a column of straw allowing us to examine its properties.

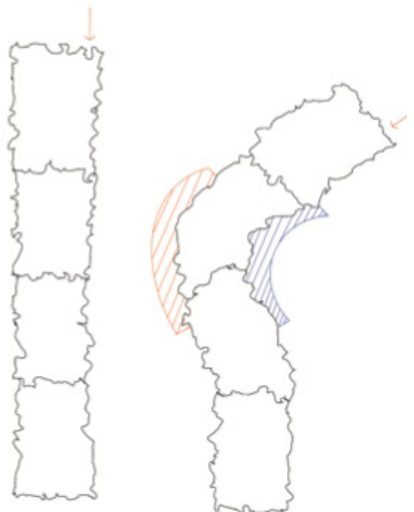
- strong compression
- fablement
- need for reinforcements (wood and wire) - pre-tensioning (straps)

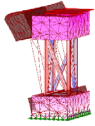
Comment fonctionne une colonne ?

How does a hay column work ?

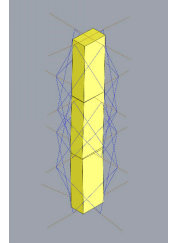
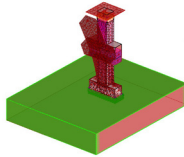
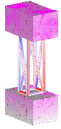
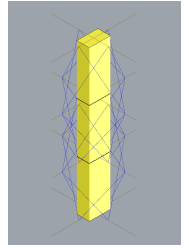
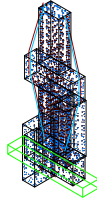
Un poteau est une tige droite, un organe de structure d'un ouvrage sur lequel se concentrent de façon ponctuelle les charges de la grande structure, et par lequel ces charges se répartissent vers les infrastructures de cet ouvrage (par exemple les fondations).

A post is a straight stem, a structural member of a structure lequelse concentrent de façon ponctuelle les charges de la grande structure, et par lequel ces charges se répartissent vers les infrastructures de cet ouvrage (par exemple les fondations).

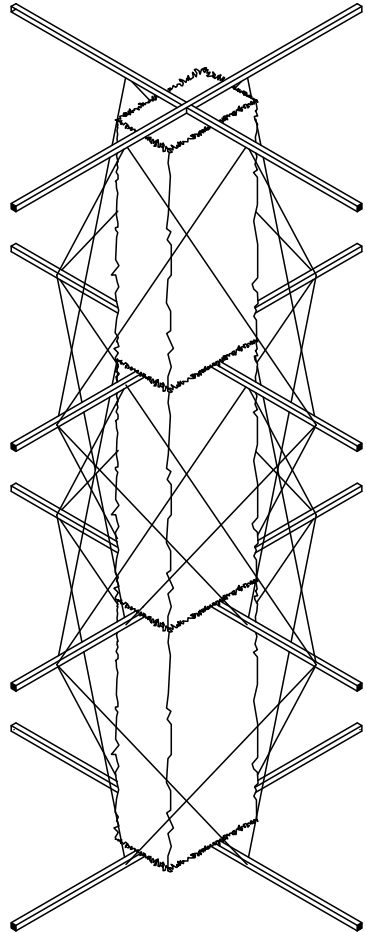
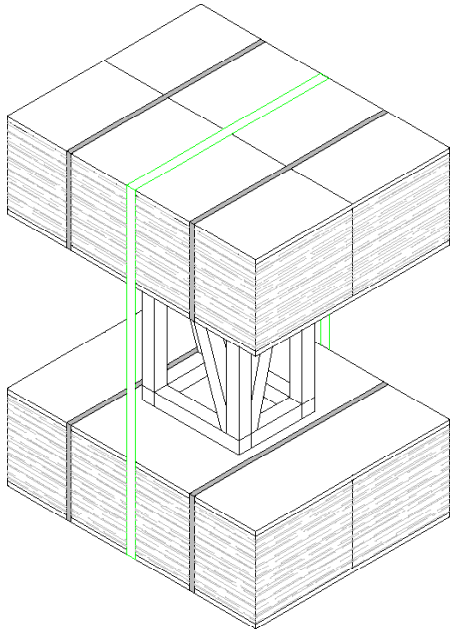




Unit Size  
0  
Dimensions (mm)  
8.00  
Material: Red Fabric  
0.00016  
0.00116  
1.44100  
1.74217  
1.80027









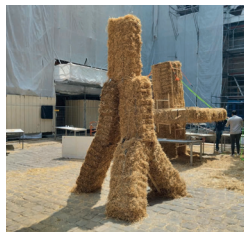
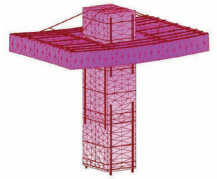
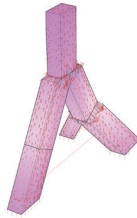
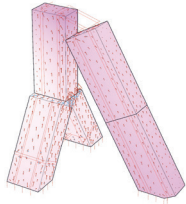
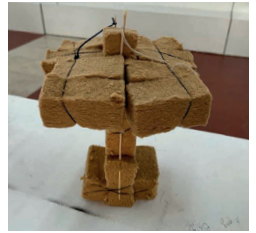


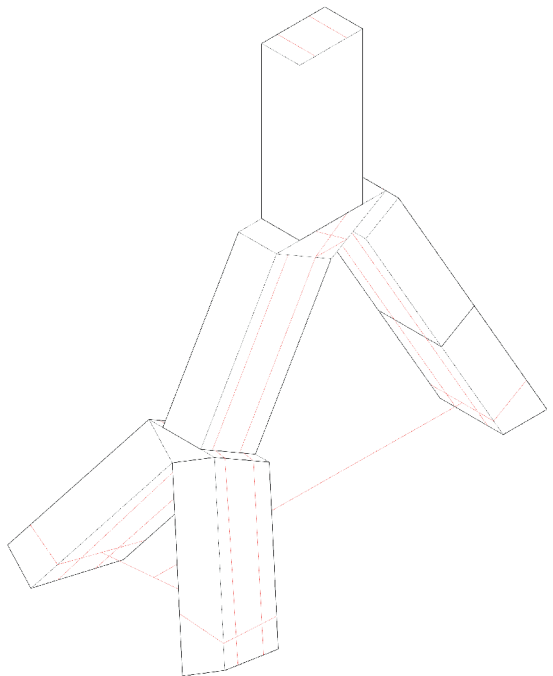
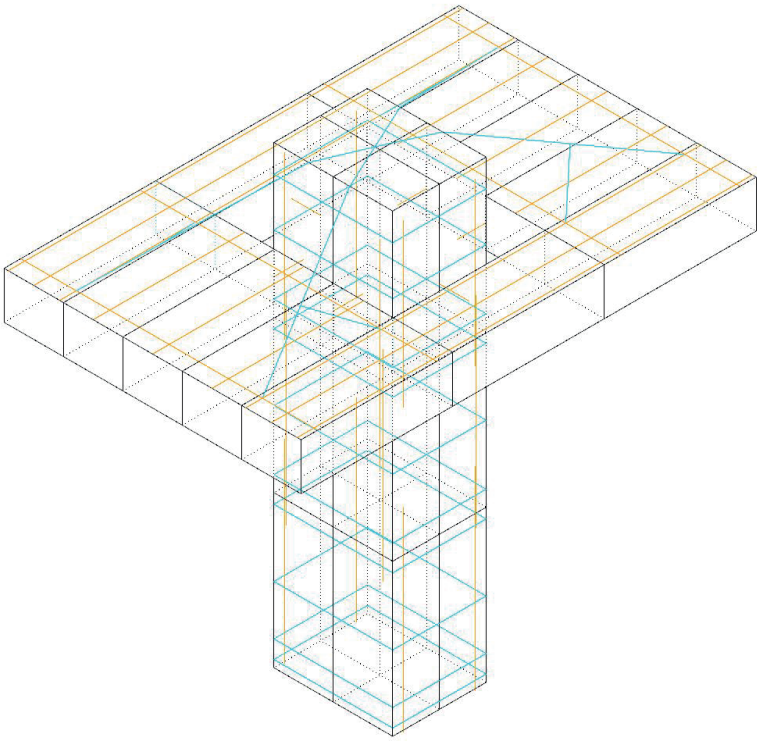


# JUNCTIONS

La paille, en raison de sa nature intrinsèquement malléable, présente une remarquable capacité à se tasser aisément et à adopter la configuration requise. Les fibres de cette dernière s'entrelacent, conférant ainsi une adhérence améliorée et une résistance accrue au glissement. Toutefois, cette malléabilité inhérente à la paille engendre une certaine instabilité structurelle. En intégrant judicieusement les tirants dans notre système de construction, nous pourrions fournir un soutien supplémentaire, garantissant ainsi une stabilité optimale de la structure dans son ensemble.

Straw, due to its inherently malleable nature, has a remarkable ability to pack easily and adopt the required configuration. The fibers of the latter intertwine, thus conferring improved grip and increased resistance to slipping. However, this inherent malleability of straw creates a certain structural instability. By judiciously integrating the tie rods into our construction system, we could provide additional support, thus guaranteeing optimal stability of the structure as a whole.





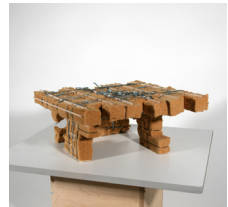
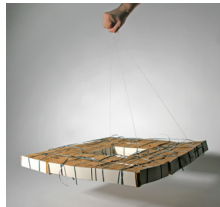
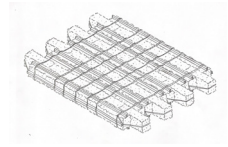
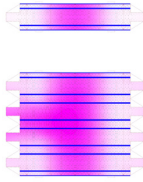
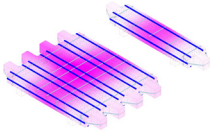


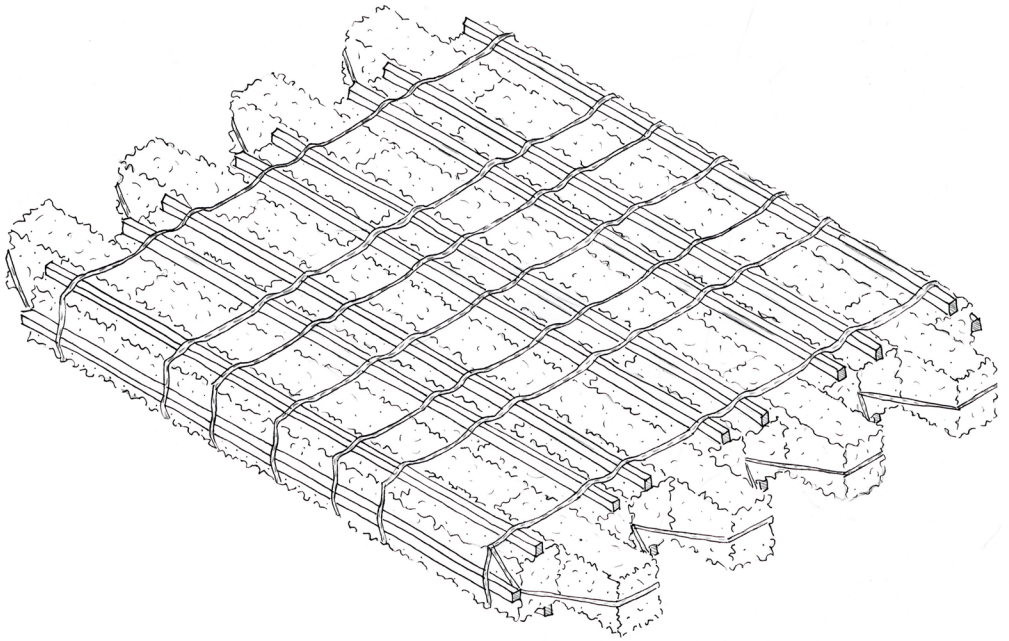


# SLAB

La dalle est composée de quatre modules, chacun d'eux est constitué de treize bottes de paille. Ces modules sont renforcés en bas par trois poutres en bois et en haut par deux poutres en bois. Ce système évite la flexion. La capacité structurelle est renforcée par les sangles qui assurent la compression entre tous les blocs. Il permet de diffuser de manière homogène les charges dans le sol.

The slab is made up of four modules, each of which is made up of thirteen bales of straw. These modules are reinforced at the bottom with three wooden beams and at the top with two wooden beams. This system avoids bending. The structural capacity is reinforced by the straps which provide compression between all the blocks. It allows the loads to be evenly distributed in the ground.



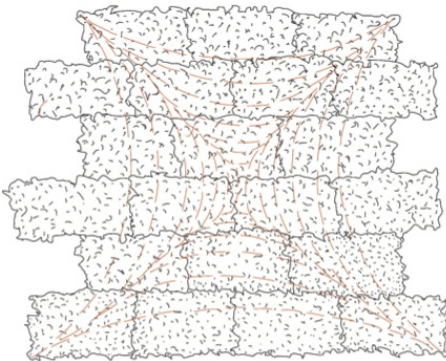




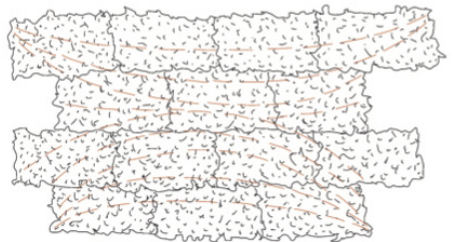
# WALLS

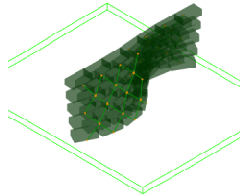
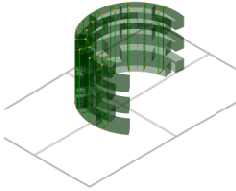
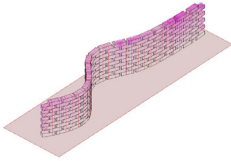
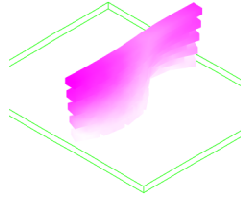
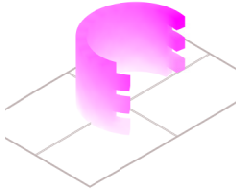
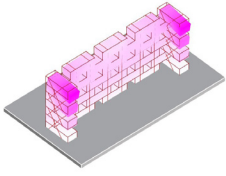
La résistance des blocs de paille à la compression permet d'ériger un mur. Sangles et câbles assurent la précontrainte afin de constituer un ensemble solidaire. Le travail par blocs offre une grande diversité de conception. L'agencement de ces briques apporte des effets d'ombre, de lumière et d'épaisseur. Aussi, un travail d'entrelacement des briques naît au niveau des jonctions. Enfin, un défi intéressant avec la paille est la création d'ouverture au sein du mur avec le porte-à-faux, la récupération des charges par des câbles en traction, des éléments horizontaux en bois et la précontrainte du cœur du mur.

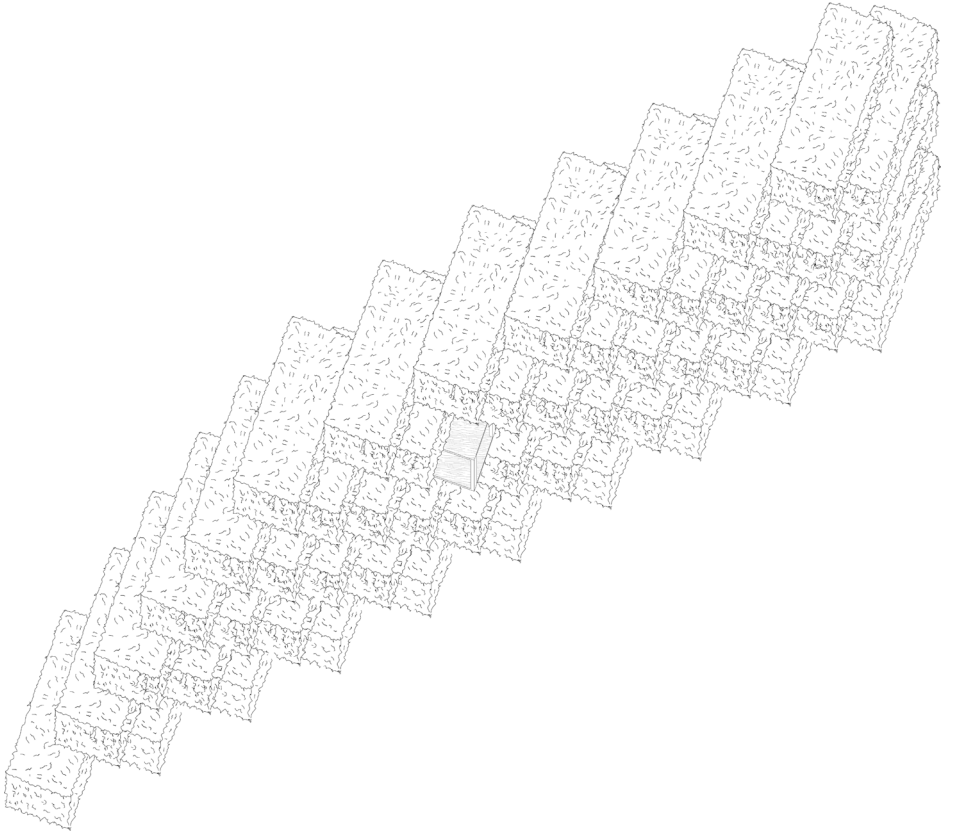
The resistance of straw blocks to compression makes it possible to erect a wall. Straps and cables ensure the prestressing in order to form a solid assembly. Block work offers a great diversity of design. The arrangement of these bricks brings effects of shadow, light and thickness. Also, a work of interlacing of the bricks is born at the level of the junctions. Finally, an interesting challenge with the straw is the creation of an opening within the wall with the cantilever, the recovery of the loads by tensile cables, horizontal wooden elements and the prestressing of the heart of the wall.

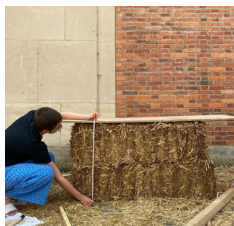
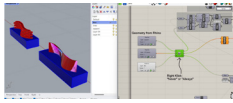
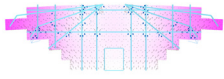


Répartition des efforts dans le plancher.  
Efforts repartition in the floor.



















# FINAL RENDER















# THANK YOU !

Une exposition présentée par les étudiants de troisième année de licence, l'équipe pédagogique, les intervenants et les moniteurs de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Versailles.

An exhibition presented by the third year undergraduate students, the educational team, intervenants and instructors from the National School of Architecture of Versailles.