

pe**nninghe**n

École d'architecture de la ville & des territoires Paris-Est

ATELIERS DESIGN

Mars 2024

PRESENTATION DES ATELIERS

OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

Les Ateliers Design regroupent une douzaine d'ateliers intensifs sur une semaine bloquée commune à trois écoles (Ecole des Ponts, Ecole d'Architecture de la Ville et des Territoires et Penninghen). Des étudiants ingénieurs, architectes et designers sont ainsi plongés dans des équipes pluridisciplinaires avec comme ambition de concevoir et fabriquer en une semaine un objet assurant au moins une fonction mécanique. Ces objets sont de nature variée : vélos, planeurs, bateaux, ponts, tours, abris, coques, ventilateur... sans restriction autre que leur faisabilité avec les moyens des écoles. Tous les objets devront être économes de leurs ressources ce qui conduira le plus souvent à jouer avec les limites de la matière. Ces ateliers de conception/création entendent donc d'une part faire le lien entre un savoir mathématisé et sa matérialisation physique, en donnant aux étudiants les moyens d'estimer les ordres de grandeur des phénomènes physiques mis en œuvre; d'autre part entrer dans l'intelligence de la matière et comprendre que l'on ne fabrique pas pareil à toutes les échelles et avec tous les matériaux

L'objectif pédagogique est ainsi triple :

- Réfléchir sur la relation entre la forme d'un objet ou d'une structure et ses performances mécaniques ;
- Prendre conscience de la complémentarité entre connaissances théoriques et connaissances ;
- Rencontrer l'autre et prendre conscience de la complémentarité des visions et des cultures.

ORGANISATION DE LA SEMAINE

Un programme détaillé de la semaine est distribué aux élèves par les encadrants de chaque thème (consignes, cahier des charges, matériels, matériaux et moyens disponibles).

Le premier jour démarre par des exposés sur le thème forme/structure/fonction, et des consignes de sécurité et d'assiduité.

Le dernier jour est un jour de rendu, d'exposé sur la conception et la réalisation de l'objet. Plusieurs jurys notent les différents travaux et désignent le projet gagnant.

| | Lundi | Mardi | Mercredi | Jeudi | Vendredi |
|----------------|---------------------------|------------|----------------------|-------------|----------------------|
| Matin | Conférences introductives | Conception | Plans d'exécution | Fabrication | Fabrication |
| Après- midi | Conception | Conception | Fabrication | Fabrication | Jury et Démontage |

PRESENTATION DES ATELIERS

MODALITE D'EVALUATION DES ETUDIANTS

Les enseignants de la semaine se chargent de l'évaluation de la démarche et de l'implication générale dans le travail d'équipe par une note de contrôle continu (50% de l'évaluation).

L'évaluation des étudiants par le jury se base uniquement sur l'objet réalisé et la présentation qui en est faite (50% de l'évaluation).

Critères d'évaluation par le jury :

- La réponse de l'objet au cahier des charges ;
- La compréhension du fonctionnement structurel de l'objet;
- La finesse des choix de conception;
- La qualité générale des finitions et des détails.

RENDU ET ARCHIVAGE

Un rendu électronique de 4 à 10 pages selon un modèle fourni sera à déposer au format pdf sur une archive dédiée dans un délai d'une semaine après la clôture des ateliers. L'ensemble des documents sera ensuite assemblé pour illustrer la production de l'année.

PENALITES

L'absence de rendu électronique et l'absence de participation au démontage final de la semaine entrainent une non-validation du module.

COMMUNICATION

En lien avec la cellule audio-visuelle de l'Ecole des Ponts ParisTech, un reportage général sur la semaine est réalisé ainsi qu'un suivi particulier de certains groupes sur lesquels un coup de projecteur sera donné. Cet ensemble de films courts sera diffusé sur les sites des Ecoles.

L'autorisation d'exploitation d'image de chacun des étudiants sera explicitement recueillie durant la semaine.

RECYCLAGE ET RE-EMPLOI

Par leur ampleur (350 étudiants, 60 objets), les ateliers sont fortement consommateurs de matériaux. L'ensemble de l'équipe pédagogique veillera donc à produire le moins de déchet possible. Cela passera par un démontage systématique des objets par les étudiants en fin de semaine, suivi d'un tri sélectif permettant le recyclage ou le ré-emploi. Cette étape indispensable fera partie intégrante de l'évaluation.

PRESENTATION DES ECOLES PARTENAIRES

ECOLE DES PONTS PARISTECH

L'École des Ponts ParisTech est une grande école française. Depuis 1747, elle forme des ingénieurs de haut niveau, de futurs dirigeants et des chercheurs aptes à relever les défis de la société et de la transformer. Au-delà du génie civil et de l'aménagement du territoire, qui ont fait historiquement son prestige, l'École développe formations et recherche d'excellence liées aux enjeux de la transition énergétique.

Une vocation : construire les mondes de demain. Relever les grands défis de société est constitutif de l'histoire de l'École et continue à la guider. Ainsi, construire un avenir dans un monde qui prend conscience que les ressources sont limitées et que les activités humaines impactent l'environnement jusqu'à l'échelle de la planète est un formidable défi que les jeunes générations formées à l'École auront à relever.

ÉCOLE NATIONALE D'ARCHITECTURE DE LA VILLE & DES TERRITOIRES PARIS-EST

Notre École est née de l'engagement de toute une équipe dans l'élaboration d'un nouvel enseignement. Celui-ci découle de la définition que nous souhaitons donner aux mots « architecte » et « architecture ». Tout au long du cursus, les élèves architectes y apprennent que la conception d'un bâtiment consiste également en l'élaboration d'un projet de transformation de l'environnement.

Ainsi, la découverte de l'acte de bâtir est toujours intimement liée à la compréhension des territoires et de leurs usages. Pour transmettre cette acception de l'architecture à nos étudiants, nous avons conçu un programme original et des moyens pédagogiques adaptés, afin que ces futurs diplômés aient les compétences, l'ouverture et l'engagement que ce métier requiert aujourd'hui. L'architecture demeure l'art de bâtir des édifices dans un environnement en perpétuelle mutation.

PENNINGHEN

Depuis plus de 50 ans, Penninghen écrit son histoire en accompagnant les étudiants dans leur démarche créative pour faire de ses diplômés les professionnels incontournables de l'architecture intérieure, de la communication et de la direction artistique. Chaque génération contribue à construire l'histoire de Penninghen, entretenir ses principes pour s'en affranchir librement, émancipée et prête.

"Être à Penninghen", c'est l'objet de notre pédagogie et de notre méthode. Chacun, dans un esprit d'atelier durant cinq ans, sera guidé pour trouver sa voie par le travail, la transmission, l'échange en vue d'un accomplissement. Le professionnalisme qui s'exerce à Penninghen, grâce aux expertises de tous les enseignants qui y transmettent leurs savoirs, est au service de l'élévation des étudiants. Il est indispensable que chaque étudiant qui entre à Penninghen et choisit d'y poursuivre sa formation conscientise son implication dans le dispositif de l'école, perçoive dès le premier jour symbolique de rentrée son rôle et son implication, comprenne les valeurs de l'école et mesure qu'il est la clé de sa propre réussite.

Unique dans son modèle et son approche, l'histoire et la singularité de Penninghen résident dans le dépassement de soi. Les enseignements d'architecture intérieure, de communication et de direction artistique nourrissent la créativité et valorisent ceux qui la portent.

Gilles Poplin, directeur, diplômé de Penninghen en 1995

EFFECTIFS DE LA SEMAINE

• Ecole des Ponts ParisTech : 191 étudiants

• Ecole d'Architecture de la ville et des territoires : 95 étudiants

Penninghen: 60 étudiants



pe**nninghe**n

École d'architecture de la ville & des territoires Paris-Est

DESCRIPTIFS DES THEMES

Présentation détaillée

LISTES DES THEMES

| N° | Titre | Enseignants | |
|----|-----------------------|---|--|
| Α | Echo des cabanes | Herminie Metzger, Vincent Baumann, Jérome Santel | |
| В | Osier structurel | Marc Hymans, Marc Leyral, Quentin Chef | |
| С | Aérodermes | Camille Boutemy, Léo Démont, Félix Chameroy | |
| D | Passerelles en carton | Arthur Lebée, Christelle Chalumeaux, Paul Lecomte | |
| Е | Rue canyon | Matteo Migliari, Yan Ulanowski | |
| F | Ombrières à oculus | Julien Tanant, Matthieu Thésé | |
| G | Planeurs | Gilles Bouchet, Bruno Soulier | |
| Н | Car-tour | Julien Glath, Valentin Battle, Alexiane Lecomte | |
| 1 | Pylônes titanesques | Thibault Etchéverry, Emilien Pont, Arthur Dietrich, Quentin Bellancourt | |
| J | Meubles en pierre | Paul Vergonjeanne, Paul Nougayrède | |
| К | Ponts en bois | Lucas Grisoni, Sonia Zerhouni | |
| L | Arches de papier | Laurie Rowenczyn, Jean-François Blassel, Chloé Girardon | |
| М | KITabri | Giovanna Togo, Francesca Contrada, Ulisse Vizzardi | |

Thème A

ECHO DES CABANES

ENCADRANTS

- Herminie METZGER, directrice, schlaich bergermann partner
- Vincent BAUMANN, ingénieur principal, Setec Bâtiment
- Jérôme SANTEL, architecte

EFFECTIF

Taille des groupes : 4/5 étudiants

Nombre de groupes : 6 groupes



Mobile en haut Stabile en bas Telle est la Tour Eiffel Calder est comme elle.

Oiseleur du fer Horloger du vent Dresseur de fauves noirs Ingénieur hilare Architecte inquiétant Sculpteur du temps Tel est Calder

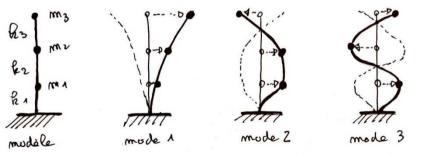
« Couleurs » Jacques Prévert 1981

« Cabanes », scultpture de Jérome Santel.

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

L'objectif de cet atelier sera de concevoir une sculpture cinétique, élancée, esthétique et poétique, dont les oscillations seront anticipées dans le processus de conception. Pour une emprise au sol déterminée, les étudiants auront à construire une structure-sculpture d'environ 3 à 4 m, lestée, qui devra vibrer à minima selon ses deux premiers modes propres au moyen d'excitateurs à pendule. D'un point de vue esthétique : l'objectif sera de s'inspirer des sculptures de cabanes réalisées par Jérôme Santel, dans lesquelles de petites cabanes filigranes sont disposées en haut de tiges métalliques, les transposer à une échelle plus grande, et les rendre cinétiques grâce à l'excitation d'un petit moteur mis en rotation.

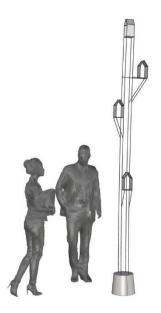
Le phénomène de mise en résonance sera présenté aux étudiants d'un point de vue pratique par des référence de phénomènes observés sur des structures de tailles variables, pendules couplés, tours, bâtiments, ponts...La théorie physique sous-tendant ces phénomènes sera abordée de manière simple afin d'identifier les principaux paramètres permettant d'anticiper les modes de vibrations : masse, raideur et amortissement.



Visualisation des modes sur un modèle de type « brochette » à masses concentrées

L'approche des modes propres d'un modèle brochette sera présentée et un fichier de calcul simplifié sera mis à disposition des étudiants pour leur donner une base de pré-dimensionnement pratique d'un modèle à quelques degrés de liberté qu'ils auront la possibilité de paramétrer ou de modifier selon le design de leur sculpture choisi (nombre de cabanes, position, hauteur, excentrement etc).

L'enjeu sera de dimensionner la sculpture pour exciter à minima deux modes propres qui devront être visibles lors du jury. Le jeu pourra être d'aller jusqu'à mettre en évidence le plus de modes propres possibles ou d'inclure de la lumière dans les sculptures afin de créer un vrai spectacle d'ingénierie et de design! A contrepied des réflexes de l'ingénieur civil, l'objet sera donc de minimiser l'amortissement pour maximiser la résonance et la durée du phénomène.





Nous travaillerons principalement avec le matériau acier pour produire de belles sculptures finies. La semaine sera organisée de la manière suivante pour chacun des groupes :

- Conception plastique d'une sculpture (croquis et petites maquettes)
- Pré dimensionnement guidé de la sculpture pour compréhension des dimensions / masses nécessaires à l'aide d'une feuille Excel fournie
- Réalisation d'une maquette d'étude de 1m de haut de type « mécano » métallique à l'aide de tiges filetées, quincaillerie, socle bois et masses concentrées sur des plateformes pour vérifier le prédimensionnement et la bonne mise en résonance par moteur du modèle brochette souhaité
- Transposition à la grande échelle et réalisation de la sculpture finie de 3-4 m avec cabanes lestées.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

Tiges métalliques étirées

Toile

• Pierre ponce

Moteurs

Béton

Quincaillerie et tiges filetées

Pinces

Meuleuse

Scies, perceuses, visseuses

Etc

pour les tiges centrales

pour les cabanes

pour lester les cabanes

pour exciter les structures

pour le socle

pour maquette d'étude

pour plier et travailler le métal

pour travailler le métal

pour travailler les socles

Thème B

OSIER STRUCTUREL

ENCADRANTS

- HYMANS Marc, Architecte-Ingénieur, Ney & Partners WOW
- LEYRAL Marc, Architecte-Ingénieur, EVP Ingénierie
- CHEF Quentin, Architecte-Ingénieur, EVP Ingénierie
- NERON Laurane, Architecte-Ingénieure, Ney & Partners WOW

EFFECTIF

Taille des groupes : 7 étudiants Nombre de groupes : 4 groupes





Pavillon Baya (à gauche) et passerelle expérimentale en osier (à droite)

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

Cet atelier s'inscrit dans la continuité de travaux récents sur l'usage de l'osier pour la conception de coque structurelles.

Le premier projet a débuté en 2021 et s'est inspiré des nids d'un petit passereau d'Asie du Sud-Est: le tisserin de Baya. Ces travaux ont abouti à la construction d'un nid à taille humaine et à la mise au point de l'algorithme BAYA capable de proposer un tressage optimal (minimisant la quantité de matière) de toute coque structurelle à usage architectural. Dans la continuité de ce premier projet, une première passerelle en osier de 14m est en cours de tressage pour un festival en avril 2024.

Pour 2 groupes, le projet porte donc sur la conception, le calcul et la fabrication de **2 bancs intégralement en osier**. L'osier sera « structurel », cela veut dire que l'objet (3D par nature) devra répondre aux trois fonctions : franchir, porter, contreventer. **Les bancs devront franchir 3 m de portée libre sans appuis intermédiaires**.

Pour les 2 autres groupes, le projet porte sur l'exécution de 2 poutres 2D intégralement en osier. Un groupe tressera une poutre selon les résultats de l'algorithme BAYA, l'autre groupe une poutre de forme plus conventionnelle en treillis type Pratt mais sans assemblages. Une fois réglée la problématique du déversement, les poutres seront en compétition pour supporter la plus grande charge à quantité d'osier égale.

Pour tous les groupes, l'objectif est de se donner les moyens de retranscrire les résultats numériques (tressage optimal) vers l'objet réel, le plus fidèlement possible.

BIBLIOGRAPHIE

Pèse-personne

Leyral M., Chef C., Guerold P. et Ebode S., The Baya Nest pavilion project: braided pattern optimization for hanging shell structures by dynamic relaxation. *Proc. IASS, Surrey*, 2021.

Prevost N., Leyral M., Hymans M., et. al, Building crossings in wicker: flexible construction of a post-formed footbridge in active bending stiffened during service phase, *Proc. IASS Symposium 2022*, Beijing, China.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

| • | Osier | pour le tressage de la structure |
|---|---------------------|-----------------------------------|
| • | Sécateurs | pour couper l'osier |
| • | Cordes | pour mettre en forme la structure |
| • | Sangles | pour mettre en forme la structure |
| • | Dalles OSB | pour faire tremper l'osier |
| • | Bâche de protection | pour faire tremper l'osier |

Pied à coulisse numérique pour évaluer le poids de la structure

pour les essais de chargement



Tressage suivant l'algorithme BAYA



Maquettes d'étude pour essais de chargement de la passerelle expérimentale (échelle 1 :5)

Thème C

AERODERMES

ENCADRANTS

- BOUTEMY Camille, Architecte et Doctorante au Lab. Navier ENPC
- CHAMEROY Félix, MCA ENSA Montpellier, Architecte, Plasticien et Artisan, Dynamorphe
- DEMONT Léo, Architecte, Docteur en structure et matériaux, Ingénieur R&D au Build'In Lab de l'Ecole des Ponts ParisTech

EFFECTIF

Taille des groupes : 8 étudiants Nombre de groupes : 3 groupes



CAHIER DES CHARGES SYNTHÉTIQUE

Les cordes et les toiles sont des éléments de construction légers et résistants qui peuvent revêtir des formes fascinantes. Ces formes dépendent des contraintes de traction qu'on leur applique : la forme et la tension qui transitent dans une structure tendue sont liées.

Dans cet atelier, le point de départ et le moteur de cette tension sera le gonflage. Nous allons réaliser des structures tendues gonflables à partir de cordes et de toiles. De l'idée jusqu'à la fabrication de structures d'environ 30m², vous endosserez le rôle de concepteur-fabricant pour mieux comprendre les enjeux de leur réalisation. Vous imaginerez et concrétiserez des moyens d'habiter cet équilibre, par exemple en vous inspirant d'objets du quotidien (hamac, cerf-volant, anneaux de gymnastique, balançoire), ce qui vous permettra de faire du gonflable une seconde peau par laquelle vous pourrez ressentir les efforts qui s'y appliquent.

La structure devra supporter son propre poids et aussi pouvoir vous porter!

Nous étudierons et comprendrons par la pratique des points techniques indispensables tels que la formule de Laplace pour la performance des toiles tendues, ou la Loi de Hooke qui gouverne la tension et la raideur des câbles. Les cordes et les toiles seront assemblées par des techniques simples (scotchage, pièces de quincaillerie...) ou plus élaborées (couture pour les toiles, matelotage pour les cordes...)

Le **parti-pris architectural et structurel** des projets et leur réalisation seront évalués. Une inspection visuelle (tension uniforme, plis...) et tactile des structures participera à l'évaluation de leur qualité structurale. On le redit, ici la forme dépend des forces : l'évaluation des performances mécaniques sera aussi esthétique.

PRINCIPAUX MATÉRIAUX & OUTILLAGES

- Films plastiques opaques et transparents
- Ruban adhésif
- Quincaillerie (boulons)
- Lestage (sacs de sable)
- Ventilateurs pour le gonflage
- Ciseaux, colle, cutters









Aérodermes 2023 : Fabrication des gonflables sur site (1), **Observatoire** (2), L'envol (3), Triporteur (4)

Thème D

ENCADRANTS

- LEBEE Arthur, Chercheur, Ecole des Ponts ParisTech
- CHALUMEAUX Christelle, Architecte
- LECOMTE Paul, Ingénieur, Atelier Fabrica

EFFECTIF

Taille des groupes : 5 étudiants Nombre de groupes : 6 groupes



PASSERELLE EN CARTON

REALISATION

Vous réaliserez **une passerelle** portant **sur 6 mètres** à l'échelle 1, capable de supporter successivement le passage du jury et de tous les membres de l'équipe conceptrice.

Elle sera réalisée entièrement **en carton** et devra supporter le passage d'un visiteur en toute sécurité

THEMES ABORDES

Durant cette semaine de *workshop* allant de la conception à la réalisation de votre passerelle à l'échelle 1/1, vous serez confrontés aux processus de projet de construction faisant intervenir tous les leviers de la conception : un enjeu architectural, un contexte, une envie structurelle, des calculs de structure, des questions de construction et d'assemblage.

Afin de mener votre projet à bien, des enseignements sur le calcul des structures, les usages du carton et les questions architecturales soulevées par les ponts seront dispensés.

HANDS ON LEARNING, APPRENDRE PAR L'ACTION

L'atelier vous propose d'aborder les questions de structure et de forme, à partir du «faire».

Il vise à provoquer des questionnements, des investigations, des expériences directes en se confrontant aux maquettes et à les résoudre dans une proposition construite.

Cette attitude exploratoire passera d'emblée par une approche physique du matériau (poids, rigidité, etc.) sollicitant l'intelligence du corps.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

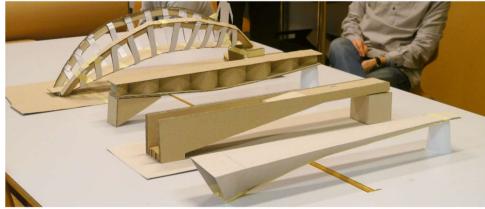
- Carton ondulé simple face cannelure A, 455g/m2
- Panneaux en carton alvéolaire nid d'abeille
- Colle à bois
- Colle chaude
- Pistolets à colle
- Cutter
- Règles à découper...



A APPORTER PAR VOS SOINS

Impérativement : Un carnet de croquis format A4 minimum, crayons, un appareil photo.

Si possible : un ordinateur avec logiciel de dessin (Autocad, Rhino etc.) Venez en tenue confortable de travail.



Maquettes d'étude







Détails de connexion et de fabrication Pont de singe



Thème E

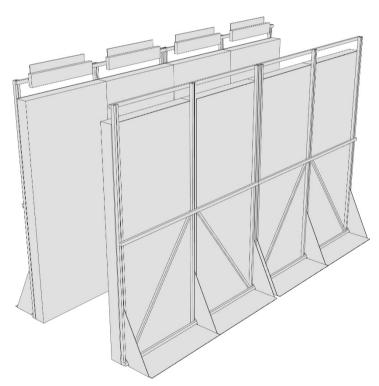
RUE CANYON

ENCADRANTS

- MIGLIARI Matteo, Chargé de projets, Franck Boutté Consultants
- ULANOWSKI Yan, Ingénieur électronique, Sense City, Université Gustave Eiffel

EFFECTIF

Taille des groupes : 6 étudiants Nombre de groupes : 4 groupes



Structure porteuse pour les modules de la rue canyon

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

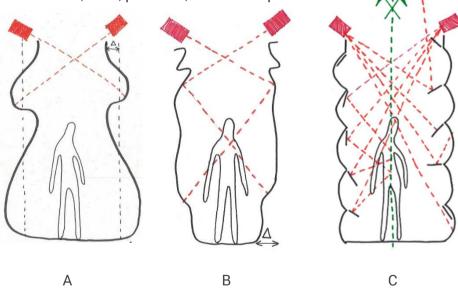
Dans cet atelier les étudiants vont concevoir des architectures thermiques à l'intérieur d'une maquette de rue bordée de façades de bâtiments. Les phénomènes de confort thermique urbain lié à la radiation thermique seront explorés, en faisant appel à la notion d'albédo d'une surface. Une "rue canyon" sera constituée de 4 modules en enfilade, chacun ayant pour hauteur 3m et une surface au sol de 1,2m par 1,5m. La rue complète a donc une longueur de 4,8m. La première journée sera consacrée à l'assemblage et au montage de la structure support de la rue. Par la suite chaque groupe travaillera sur son module pour créer des ambiances thermiques dont la performance sera estimée par le ressenti thermique de personnes aux yeux bandés circulant dans la rue. La première architecture créée sera statique, on cherchera suivant le groupe à maximiser ou à minimiser les radiations reçues sur le corps des personnes passant dans la maquette. La deuxième maquette créée sera dynamique, c'est-à-dire que les dispositifs de façade pourront être mis en mouvement pour adapter une même architecture à des conditions hivernales ou estivales.

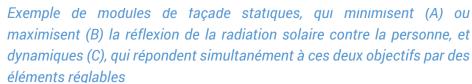
L'épaisseur des façades sera limitée à 20cm, et pour une configuration donnée il sera demandé d'utiliser la même quantité de surface réfléchissante et absorbante. Il faudra donc utiliser la géométrie et la disposition spatiale des éléments surfaciques pour maîtriser le cheminement des radiations thermiques issues d'une lampe infrarouge qui sera placée au-dessus de la rue. Les matériaux carton, papier et aluminium seront employés pour concevoir les éléments urbains (façades, revêtements...). Ils pourront être découpés, pliés, courbés, et fixés (colle, punaises, adhésif) sur des supports en carton alvéolaire.

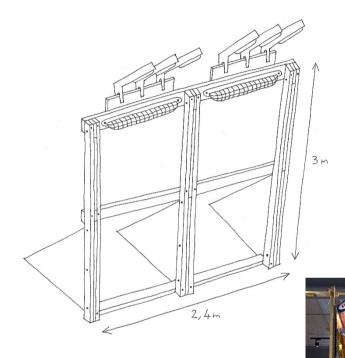
PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

- Liteaux en sapin 27 x 40mm
- Liteaux en sapin 27 x 27mm
- Vis acier tête fraisée
- Carton alvéolaire
- Contreplaqué 5mm
- Papier kraft noir
- Ruban adhésif aluminium
- Réglette infrarouge 2500W
 Adhésif, colle, punaises, ...

pour structure support
pour structure support
pour structure support
pour matérialiser les façades
pour rigidifier la structure
pour éléments à faible albédo
pour éléments à albédo élevé
pour simuler l'irradiation
pour fixations







Croquis de conception de l'exosquelette fixe de la rue canyon et photo d'un essai sensoriel lors de l'édition 2023

Thème F

OMBRIERES A OCULUS

ENCADRANTS

- TANANT Julien, Ingénieur structure, setec tpi
- THESE Matthieu, Ingénieur structure Architecte, T/E/S/S

EFFECTIF

Taille des groupes : 6 étudiants Nombre de groupes : 5 groupes



Exemples en cours de réalisation

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

L'exercice consiste à réunir des élèves, par groupe de 6, devant concevoir et construire une surface ombragée sur un disque de 3 m de diamètre, portant sur une structure en liteaux de bois. La couverture, prévue en tissu de couleur, doit être arrêtée au centre, de manière à laisser vide un disque de 0.75 m de diamètre, par lequel la lumière pénétrera directement. Cet oculus central est de surcroit le lieu du chargement de la structure, par l'installation d'un siège, véritable point où l'ombrière sera habitée par un-e étudiante. La couverture devra permettre de dégager une hauteur libre sous la couverture d'au moins 2 m de haut. Les poteaux supportant cette couverture devront être à la périphérie de la couverture, donc en dehors du disque de 3 m de diamètre.

La créativité des groupes sera stimulée mais cadrée - un tirage au sort aura lieu déterminant la typologie de couverture à adopter par chaque groupe :

- Structure suspendue
- Structure haubanée/auto-tendante
- Structure réciproque
- Anneau de torsion
- Voute

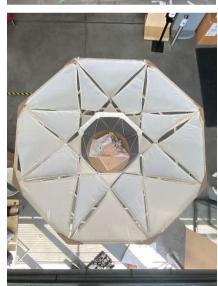
BONUS : les élèves pourront réfléchir en option à un système permettant de déployer la couverture troussée en un endroit de leur choix.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

- Liteaux
- Panneaux de MDF
- Ficelle
- Couverture en toile de couleur
- Crochets à pinces et agrafes
- Visserie liteaux
- Scie sauteuse
- Perceuses-Visseuses
- Agrafeuse

pour structure principale
pour assemblage si besoin
pour éventuels câbles
pour ombrage
pour accrocher la couverture
pour solidarisation des













Thème G PLANEURS

ENCADRANTS

- BOUCHET Gilles, Chercheur, CNRS (Enseignant ENPC)
- SOULIER Bruno, Enseignant-Chercheur, ENS Cachan (Enseignant ENPC)

EFFECTIF

Taille des groupes : 6 étudiants Nombre de groupes : 3 groupes

Design:

Le fuselage du planeur, comme vous pouvez le deviner, a été grandement inspiré du corps du micro-raptor. Pour aller plus loin dans notre analogie avec le modèle de base, nous avons choisit de peindre notre planeur en noir. Il s'agirait, selon les archéologues, de la couleur des plumes du micro-raptor. Enfin, un découpage spécifique au niveau de la tête du planeur a été effectué, afin de signifier les yeux du raptor et donner une valeur plus esthétique à ce dernier.











Exemple de réalisation

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

Les Ateliers Design visent à faire réfléchir les élèves sur la relation entre la fonction et la forme d'un objet et à donner une première expérience du processus de design technique, c'est-à-dire de mise en forme d'un objet technique pour répondre de façon optimale à certaines performances.

Le thème « planeur » propose à 3 équipes de 6 élèves de concevoir, dimensionner, dessiner, réaliser et tester un planeur. Celui-ci, d'une envergure maximale de 2,5 mètres, devra embarquer deux charges utiles dont le volume et la masse sont imposés.

Une compétition permettra un classement des planeurs selon leur efficacité en termes de distance parcourue (les meilleurs planeurs actuels ont une finesse de l'ordre de 60 : lâchés d'une hauteur de 1 mètre, ils sont capables de parcourir une distance horizontale de 60 mètres).

Les équipes étant constituées d'élèves ingénieurs, architectes et designers, aucun prérequis individuel n'est demandé. Une formation accélérée à la mécanique des fluides et plus particulièrement à l'aérodynamique sera dispensée le premier jour. Des tutoriels dédiés et encadrés permettront une prise en main rapide du logiciel de design aérodynamique et du logiciel de CAO. Les planeurs seront usinés dans des blocs de polystyrène à l'aide d'une fraiseuse à commandes numériques. Les élèves ayant l'habitude de fabriquer des maquettes pourront alors exprimer leur art lors de la phase d'assemblage, de renforcement structurel et de finition précédant les essais en vol.

PRINCIPAUX MATERIAUX, OUTILLAGES, OUTILS CAO

- Polystyrène
- Balsa
- Toile thermo-rétractable
- Fibre de verre, résine époxy
- Fraiseuse à commandes numériques
- StarCCM+ (design aérodynamique)
- Catia (CAO, usinage)
 Petit outillage à main













Thème H CAR-TOUR

ENCADRANTS

- GLATH Julien, Architecte DE, ENSA Val-de-Seine
- BATLLE Valentin, Architecte HMONP, FAC
- LECOMTE Alexiane, Ingénieur, T/E/S/S

EFFECTIFS

Taille des groupes : 6 étudiants Nombre de groupes : 5 groupes



Réalisation 2023 des beffrois en carton

CAHIER DES CHARGES SYNTHÉTIQUE

Depuis des centaines d'années, le beffroi représente un objet architectural et structurel fascinant. Sa charpente est un exemple de structure de tour. Dans cet atelier, il s'agira de concevoir une telle charpente en carton.

Cette structure devra être d'une hauteur de 7m et être capable de porter la charge la plus lourde possible. Le contexte environnemental dans lequel nous nous trouvons aujourd'hui nous pousse à être les plus économes possible en termes de matière. Ainsi il s'agit de trouver des solutions architecturales et structurelles pertinentes pour supporter des charges importantes tout en réduisant au maximum la matière consommée. La structure présente également un enjeu autour des assemblages. Ceux-ci sont souvent dimensionnant dans un ouvrage et demandent à être pensés. L'utilisation de deux cartons différents permet de réaliser une variété d'assemblages à concevoir en fonction des efforts mécaniques de la structure. Des prototypes sont à réaliser pour vérifier la bonne tenue de la conception.

Afin de réaliser intelligemment ces structures, des notions simples de résistance des matériaux et de mécanique des structures seront inculquées aux élèves. Ce sont notamment les notions de résistance en compression, en traction, l'inertie des poutres, le flambement local et le flambement global. L'idée n'est pas de faire des calculs laborieux mais d'avoir une idée des ratios et des avantages mécaniques que présentent certaines géométries.

L'objectif de performance de la charpente au-delà de sa capacité à reprendre les charges imposées par son usage doit également s'inscrire dans une économie de moyens aussi bien pour des raisons pratiques mais aussi pour maîtriser l'impact environnemental du projet.

À ce titre, une grille de la performance environnementale devra être établie :

- Chaque projet devra indiquer le ratio de sa performance structurelle (charge à la rupture) / quantité de matière utilisée (poids de l'ouvrage).
 L'objectif est d'arriver au ratio le plus faible possible.
- Chaque projet devra indiquer une Analyse de Cycle de Vie (ACV) simplifiée, via l'établissement d'un bilan carbone correspondant à la quantité de matière employée en mesurant notamment les chutes et les moyens de production mis en œuvre.

Le carton envisagé pour le workshop est un carton ondulé simple et double face. Ses principales qualités sont sa légèreté de manipulation et d'usinage (il peut être coupé facilement à la scie à main, scie sauteuse ou au cutter). Constitué d'une ou de deux fines couches de carton contrecollées sur un réseau perpendiculaire d'ondulations, il peut être entaillé partiellement et plié pour obtenir des formes plus complexes. C'est un matériau anisotrope présentant des surfaces propices au collage. Il est par ailleurs résistant à la traction dans toutes les directions parallèles à son plan. La réalisation des assemblages occupera une place centrale dans l'atelier. Grâce à la polyvalence du matériau, il sera attendu une réinterprétation des différents types d'assemblages bois.

Aussi, c'est un matériau à privilégier pour sa capacité à être recyclé dans un circuit de valorisation de déchets. Chaque groupe se verra attribuer une quantité initiale qui sera mesurée en fin de workshop pour estimer la quantité consommée (dans le cadre de l'ACV).

Afin de réaliser les assemblages envisagés, de la corde et de la colle seront fournies à chaque groupe.

PRINCIPAUX MATÉRIAUX & OUTILLAGES

- Carton ondulé simple face
- Carton ondulé double face
- Bobine de corde
- Colle à bois
- Papier Canson
- Colle multi-usage
- Cutter
- Scie
- Sangles
- Sable/Poids
- Plaque OSB

pour structure

pour structure

pour assemblage

pour assemblage

pour maquette

pour maquette

pour découpe

pour découpe

pour chargement

pour chargement

pour chargement



Assemblage - Nœud



Vue intérieure d'une tour

Thème I

PYLONES TITANESQUES

ENCADRANTS

- BELLANCOURT, Quentin, Architecte ingénieur, Marc Mimram
- DIETRICH, Arthur, Architecte charpentier, L'Atelier Paysan
- ETCHEVERRY, Thibaut, Ingénieur thermicien, Marc Mimram
- PONT ROY, Emilien, Architecte ingénieur, Marc Mimram

EFFECTIF

Taille des groupes : 5/6 étudiants Nombre de groupes : 4/6 groupes



Exemple des réalisations de 2023

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

A partir du postulat mythologique des six titans, l'objectif du workshop sera de concevoir par le calcul, le dessin et la maquette, puis par la fabrication à échelle 1, six pylônes en bois. Ils seront mis en relation les uns avec les autres à la fin de l'atelier, avec l'objectif de déplacer une masse de 10kg.

Les étudiants seront répartis en groupes pour travailler sur la conception d'un pylône avec des spécificités géométriques singulières. Ils mesureront à minima 4m de hauteur, ils s'appuieront sur des socles carré d'1.5m et ils devront rester dans des volumes préalablement définis.

La conception en trois dimensions de ces structures en treillis permettra d'établir des structures adaptées aux contraintes induites par les postulats géométriques initiaux. Chaque élément tendra vers l'optimisation et la frugalité avec comme objectifs primaires l'économie des moyens et des ressources matérielles.

Les pylônes seront conçus entièrement en bois avec des liteaux de petits diamètres permettant de se placer dans un cadre similaire aux fonctionnements en treillis des pylônes de téléphériques en acier. Ces barres seront assemblées par boulonnage, ce qui nécessitera une conception préliminaire des assemblages.

Les étudiants devront définir un schéma statique ainsi qu'une descente de charge permettant de connaitre les diagrammes des efforts et les ancrages nécessaires. La résistance du matériau bois, la raideur de la structure et de ses assemblages seront étudiés de manière préliminaire à la réalisation. Cette approche, couplée à la construction à l'échelle 1, entrainera une relation forte entre connaissances théoriques, savoir-faire techniques et pratique constructive.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

Panneau OSB 3

pour socle

Liteau 27x27x4m

pour barres

Corde torsadé 6mm

pour câbles

Boulon M6

pour assemblages

Rondelle plate M6

pour cales

Spaghetti

pour maquette

Sceau de maçon

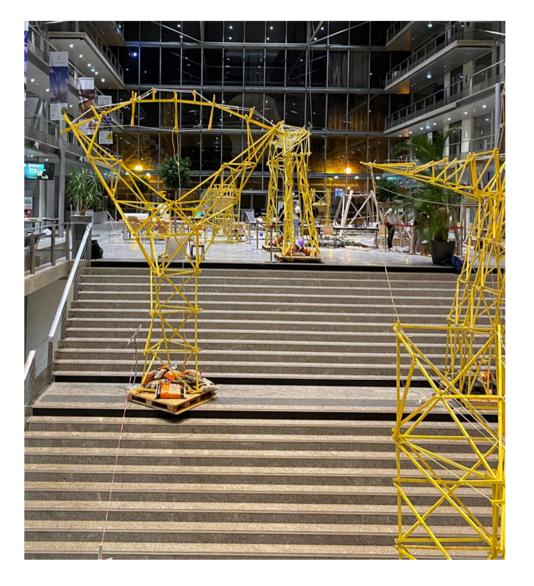
Perceuse visseuse

pour contre-poids

Scie égoïne

Clé mixte

Pistolet à colle



Exemple des réalisations de 2023

Thème J

MEUBLES EN PIERRE

ENCADRANTS

- Paul VERGONJEANNE, Compagnon du Devoir et du Tour de France Tailleur de pierre, doctorant en architecture, laboratoire GSA, ENSA Paris-Malaquais
- Paul NOUGAYREDE, PhD ingénieur architecte, laboratoire GSA, ENSA Paris-Malaquais

EFFECTIF

Taille des groupes : 4 étudiants Nombre de groupes : 6 groupes



Découpe de la pierre calcaire tendre à la scie Zag, ENSAPM, 2023

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

L'objectif du thème « Meubles en pierre » consiste à fabriquer des objets de dimensions libres (tables, bancs, chaises, fauteuils, etc.) en utilisant les propriétés mécaniques de deux matériaux complémentaires : la pierre naturelle et l'acier.

Guidés par les encadrants, chacun des groupes sera chargé d'imaginer, de concevoir et de réaliser un objet de mobilier le plus créatif possible en mettant en œuvre le principe de la post-contrainte appliquée aux blocs de pierre. En appliquant quelques idées simples de statique graphique qui seront exposés dans un premier temps, il sera possible de définir un découpage des blocs optimal et de connaître le niveau de tension suffisant à appliquer dans les câbles internes de la structure, selon l'objet à réaliser.

Après avoir validé la conception, le chantier pourra enfin commencer! Chacun des blocs de pierre tendre qui constituera l'objet final est taillé à la main en suivant la méthodologie efficace des Compagnons Tailleurs de pierre : tracer, tailler et poser. Les blocs de pierre fermes sont découpés à l'aide d'une scie à diamant et percés au perforateur.

La stabilité des structures est assurée par le bon niveau de serrage des câbles de post-tension. Intégrés à l'intérieur même des blocs de pierre fermes, ces tirants en traction permettent de confiner correctement la structure en pierre, dont les blocs sont, eux, sollicités principalement en compression.

La conception et la réalisation de ces structures mixtes permettra de relier des théories physiques à une application concrète, en faisant travailler de concert la main et l'esprit. Et de profiter d'un assortiment de meubles en pierre très élégants et, on l'espère, très confortables !

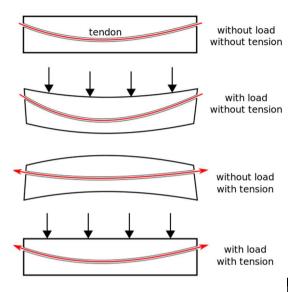
PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

- Matériel de taille des pierres tendres : scies Zag, chemins de fers à dents, massettes et ciseaux
- Matériel de taille et percement des pierres fermes : scie à diamant sur table à eau, perforateur
- Câbles de 3mm, serres-câbles
- Tiges filetées
- Maille métallique
- Écrous/rondelle M8
- Clé dynamométrique

MECENAT

La pierre calcaire ferme de Vilhonneur est fournie par le partenaire de ce thème : Benoit Coussement de l'entreprise DBPM





Principe de post-tension



Exemple d'escalier en pierre post-contrainte, Ateliers Romeo, 2006

Thème K

PONTS EN BOIS

ENCADRANTS

- GRISONI Lucas, Ingénieur, Elioth
- ZERHOUNI Sonia, Ingénieure, Elioth

EFFECTIF

Taille des groupes : 6 étudiants Nombre de groupes : 5 groupes



Exemple de réalisation

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

Cet atelier, qui pourra accueillir jusqu'à 5 groupes de 6 étudiants, ayant une appétence pour la construction bois et la manipulation d'outils, propose d'expérimenter la conception puis la construction à l'échelle de ponts en bois inspirés, par leur conception en petits éléments, des viaducs et ponts métalliques de l'époque de la seconde révolution industrielle en Europe. De grande portée, assez légers, ne faisant pas appel à des systèmes de tension sophistiqués, ils ont l'avantage d'être constructibles sans les moyens de levage qui nous sont accessibles aujourd'hui, et de plus, leurs assemblages les rendent démontables.

Aujourd'hui, ces propriétés de démontabilité, de réversibilité et de construction à faible nuisance sont de nouveau mises en avant pour d'évidentes raisons environnementales, que nous nous proposons d'aborder par le prisme de l'analyse de cycle de vie.

L'objectif pour chacun des groupes est de concevoir et de construire un pont en bois revisitant les principes des ponts métalliques industriels, d'une longueur d'environ 7m qui pourra être subdivisée en plusieurs portées, et permettant un franchissement entre deux appuis surélevés (tables, gradins...).

Dans le cadre de cet atelier, mettant en avant la construction bois, les techniques d'assemblage bois-métal et bois-bois seront abordées, ainsi que les moisages et assemblages traditionnels, mis en œuvre sur des tasseaux de bois de petites à moyenne section de bois brut.

Les points théoriques abordés permettront d'approcher la notion d'efforts internes et de leurs diagrammes, en se basant sur des schémas statiques connus adaptés au besoin de leur conception. L'idée de mettre en regard la raideur et la résistance des sections employées et celle des objets

construits sera un fil rouge de la conception, de manière à aboutir à des ponts les plus légers possibles.

Par ailleurs, les notions de cycle de vie et d'énergie grise emmagasinée seront développées au cours de la semaine pour tenter d'en dégager de bonnes pratiques de conception. A cette fin, deux indicateurs seront mis en balance et seront à évaluer :

La performance mécanique : le pont devra reprendre le poids de l'ensemble des membres du groupe, capable de résister à un chargement inspiré de l'exploitation des passerelles piétonnes.

L'impact environnemental : les groupes devront intégrer à leur conception une réflexion sur le cycle de vie de l'ouvrage, centrée sur l'indicateur facilement appréhendable qu'est l'impact carbone, à travers le matériau retenu, la quantité de matière employée, la quantité de chutes de bois et également les typologies d'assemblages.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

• OSB pour platelage

• tasseau 22x22x4m pour barres

ficelle sisal 3 brins pour câbles

Contreplaqué 5mm pour connexion

Boulon M6/rondelle/écrous pour axe

Vis diverses

Scie sauteuse

Perceuses-Visseuses



Montage en cours



Test de chargement

Thème L

ARCHES DE PAPIER

ENCADRANTS

- Jean-François BLASSEL, Architecte-ingénieur, fondateur de SPAN
- Laurie ROWENCZYN, Architecte-ingénieure, HDA Hugh Dutton Associés
- Chloé GIRARDON, Ingénieure-Architecte, Elioth

EFFECTIF

Taille des groupes : 5 étudiants Nombre de groupes : 5 groupes



Exemple de réalisation

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

Comme l'ont montré de nombreux travaux, à programme égal, il existe une bonne corrélation entre le rapport masse/surface d'une construction et son empreinte carbone. "How much does your building weigh, Mister Foster?" demandait déjà Buckminster Fuller à Norman Foster à propos du Sainsbury Center for visual Arts (1978).

Les concepteurs soucieux de l'empreinte environnementale de leurs constructions veillent donc à minimiser ce rapport en exploitant une compréhension fine des relations entre fonction, morphologie et matière.

Cet atelier propose de faire l'expérience de cette démarche en concevant, développant et réalisant une structure porteuse avec des matériaux médiocres et improbables – du papier et de la ficelle -, de surcroît dans une quantité strictement limitée à 5 kg mais qui devra cependant présenter une étendue maximale. Pour permettre à ce travail d'aboutir dans les délais courts de l'atelier, il s'agira de réaliser une arche dont l'étendue, ici la portée, fera l'objet d'un concours entre les équipes et permettra de les évaluer sur une base absolument objective.

5 m, 10 m, 15 m...où se trouve la limite ? Comment l'atteindre et comment la dépasser ? ...par la forme qui est donnée et par l'intelligence constructive. La démarche proposée est structurée et itérative afin de parcourir en quelques jours la trajectoire entre le présent cahier des charges et la réalisation d'une structure performante. Vous vous familiariserez avec les outils et les savoirs qui permettent ce passage : forme et géométrie, expérimentation et observation, analyse d'un concept et identification des alternatives potentielles, choix raisonné d'une solution dans cet espace des possibles, interaction entre la matière et l'échelle, discipline et esthétique concrète de la fabrication.

PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

• Papier craft 125gr/m² Composant compression

Ficelle drisse Composant traction

Vis rivets plastique Assemblages

Colle à bois et battons de colle Assemblages/collages

• Cartons gris Renforts/culées/assemblages

Règles, équerres
 Mesure et traçage

Cutters Découpe

Pistocolles Collages

Perceuses/Tournevis Assemblages









Détails de connexion

Processus de construction

Thème M KIT-ABRI

ENCADRANTS

- CONTRADA Francesca, Ingénieur, ENSAPVS
- TOGO Giovanna, Architecte Urbaniste post-carbone, Efficacity
- VIZZARDI Ulisse, Architecte, Liens Architecture

EFFECTIF

Taille des groupes : 5/6 étudiants Nombre de groupes : 4/5 groupes



Exemple de réalisation

CAHIER DES CHARGES SYNTHETIQUE

Nous proposons un exercice centré sur les matériaux et leur assemblage, mettant l'accent sur l'impact environnemental de leur utilisation et sur la possibilité de les réemployer. Au travers de cet exercice, nous nous interrogerons sur le rôle joué par la construction dans la perspective de transformations profondes de ses conditions de production et utilisation. Plus précisément, nous invitons les étudiants à se confronter à la question des architectures temporaires. L'exercice prendra la forme de la réalisation d'un volume élémentaire en kit (KiTabris), à partir d'un matériau principal : le bambou. Le volume sera conçu et réalisé pour répondre à des contraintes précises.

A la suite d'une catastrophe naturelle en ville, une partie de la population est obligée de quitter son domicile immédiatement. Une solution d'urgence s'impose, ils seront relogés dans le gymnase de la ville. Le grand volume central du gymnase nécessite d'être temporairement aménagé. Les étudiants doivent concevoir un volume élémentaire, une cellule pour héberger de 2 personnes. La possibilité d'assembler plusieurs KiTabris sera envisageable. Le kiTabris sera directement posé au sol devra pouvoir être démonté et reconstruit ailleurs avec rapidité et avec le moins de perte de matériaux possible (en évitant la production de déchets). Le volume occupé par les éléments démontés devra être contenu sur une palette EURO (1200 x 800 x 145 mm). Cette contrainte permettra de faciliter le transport et la réutilisation du kit ailleurs.

La conception demandera de se pencher sur la question de la relation entre matière, forme, assemblage, performance structurelle. Les étudiants

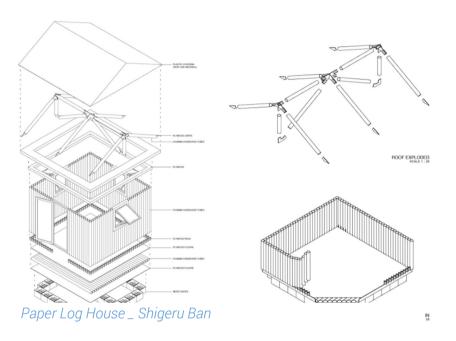
devront concevoir le kiTabris, expérimenter les matériaux et leur performance structurelle, les tester et ensuite les prototyper. Les prototypes à l'échelle réelle permettront de vérifier l'efficacité du modèle, la rapidité de démontage et de réajuster la conception initiale. Grâce au prototypage les étudiants vérifieront la qualité des matériaux, la résistance des assemblages choisis et la facilité de la construction/déconstruction.

Chaque équipe travaillera avec une typologie d'assemblage (collier de serrage, corde, vis/boulons, chambres à air). La structure conçue devra être dimensionnée et vérifiée aux charges d'usage et accessoires et résister aux chocs éventuellement engendrés par le passage des gens.

En reprenant le référentiel d'évaluation de la qualité architecturale proposé par Philippe Dehan, qui réinterprète la division qualitative de Vitruve Firmitas, Utilisas, Venustas, nous proposons que les projets des étudiants visent à maximiser les aspects suivants :

- Pérennité/durabilité (environnementale, sociale, efficacité mécanique)
- Usage et fonctionnalité (adaptabilité aux usages, résilience, évolution dans le temps)
- Qualité formelle (design, communication)

A ces paramètres nous rajoutons la simplicité d'assemblage et la démontabilité qui représentent des indicateurs essentiels pour faciliter le réemploi des structures proposées. Ces indicateurs seront indirectement un paramètre de la qualité environnementale de l'ouvrage.



PRINCIPAUX MATERIAUX & OUTILLAGES

Bambou

pour la structure

Chambres à air de récupération

pour l'assemblage

- Collier de serrage
- Cordes
- Vis, boulons, tasseau bois
- Tissu

pour les partitions

- Scies
- Ciseaux forts/cisailles,
- Perceuse