

Construction bois à charpente tendue

Projet de création d'une société d'architecture spécialisée dans la charpente tendue.

L'innovation technologique

Le procédé à charpente tendue est un système constructif sans ferme et sans entrain utilisant les propriétés naturelles du bois à la traction, la flexion et la compression. Ce procédé permet :

- de par l'absence de ferme → **d'étendre la surface habitable sous les combles**
- de par l'absence d'entrain → **de supprimer le plancher et ouvrir largement l'espace intérieur du sol jusqu'au faîtage**
- de par l'absence de pièces lourdes et complexes à mettre en œuvre → **d'utiliser moins de bois que la charpenterie traditionnelle, de réduire les coûts et les délais d'exécution**
- de par l'utilisation des propriétés mécaniques du bois → **de rendre les bâtiments parasismiques et résistants aux efforts du vent.**

La partie du toit en bois repose sur tous les types de murs, neufs ou anciens, mais le projet vise à valoriser les matériaux biosourcés comme le bois, le béton de chanvre, le pisé et le torchis. Deux procédés ont déjà été modélisés en maquette, l'un utilisant la fibre technique, l'autre les bois de très petite section. La solution à base de textiles techniques remplace les éléments structurels en bois pour donner une résistance mécanique aux matériaux comme le mortier de chanvre ou le pisé. La solution à base de bois de petite section permet de valoriser les chutes de bois de scierie.

Les avantages concurrentiels

- La maison à charpente tendue est **100% biodégradable**.
- Elle **peut être produite avec les matériaux de production 100% locale**.
- Sa **mise en œuvre est accessible à une main d'œuvre peu qualifiée**, même si certaines formes architecturales peuvent nécessiter un encadrement spécifique.
- Le **travail de manutention est extrêmement réduit**. On peut construire sans véhicule lourds, sans grue, sans échafaudages complexes, et sans un outillage accessoire coûteux.
- La charpente tendue peut **contribuer à la revitalisation économique d'une région par la simplicité de sa mise en œuvre et la maîtrise des coûts à la construction**.

- La charpente tendue peut également **contribuer à la revitalisation du parc forestier en favorisant l'utilisation de bois jeunes et de faible section**.
- Cette technique **cible une large gamme de constructions et une large gamme de publics**.
- Les **formes architecturales peuvent être variées**, à plans ronds, carrés, rectangulaires ou discontinus.
- La charpente tendue est **parasismique, elle résiste également aux soulèvements de toiture par le vent**, et peut s'adapter aux conditions extrêmes de certaines régions de France et d'ailleurs.
- La charpente tendue **permet de réduire les coûts et les délais de construction**.
- L'absence de ferme et d'entrain permet de **développer un style architectural spécifique** à la société d'architecture.

Les aspects innovants

La charpente tendue est composée de **cinq procédés innovants pour les deux types de soubassements bois et textiles techniques, les liaisons en sablière, la toiture et les liaisons en faîtage**. Il n'existe aucun procédé concurrentiel connu.

Trois premiers brevets seront déposés à partir desquels la société d'architecture réalisera tous les calculs de structure permettant l'obtention d'un premier ATEEx (Appréciation Technique d'Expérimentation). L'obtention d'un deuxième ATEEx permettra de généraliser l'ATEEx en Avis Technique à partir duquel il sera possible de garantir toute construction réalisée en charpente tendue.

Les études techniques sur le procédé à charpente tendue seront réalisées par l'ENSTIB et le CRIT-Bois d'Epinal en tant que laboratoires indépendants puis certifiées par le CSTB pour l'obtention des Avis Techniques.

Le marché potentiel

Outre l'habitat traditionnel, les marchés visés sont ceux de :

- l'habitat social (OPAC),
- la construction de loisir (kiosques, abris de jardin, couvertures de piscines),
- le secteur hôtelier (gîtes et maisons de location de vacances),



- la construction de luxe (maisons à forte résistance aux séismes et aux tempêtes),
- le secteur agricole et industriel.

Le marché est également celui de l'habitat d'urgence, l'habitat social dans les pays en voie de développement, l'habitat ouvrier, la sécurisation des quartiers d'expatriés, l'aide au développement dans le cadre de partenariats industriels, et tous types de constructions pour lesquelles la sécurité des personnes est un facteur économique et social prioritaire. Les marchés sont nationaux pour la construction pavillonnaire et tertiaire, mais aussi et surtout internationaux au travers les projets d'aide au développement, les partenariats industriels et l'urgence humanitaire.

Etat de l'art et technologies actuelles

Il n'existe en Europe aucun exemple comparable à la charpente tendue. Le principe constructif le plus proche est celui connu au XIIème siècle sous le nom de "charpente à chevrons faisant ferme ». Les caractéristiques communes sont :

- **l'absence d'entrait** → Même si les chevrons de la « charpente à chevrons faisant ferme » sont souvent à entrait retroussé, la ligne entre les deux sablières est dégagée permettant de libérer l'espace sous le toit.
- **l'absence de ferme** → Même si les chevrons font ferme, leur dimensionnement les distingue des fermes classiques par leur faibles sections de bois. On peut ainsi travailler avec des bois plus jeunes, et de plus petite section.

Dans la charpente tendue comme dans la charpente « à chevrons faisant ferme », le plancher est indépendant de la charpente, ce qui permet de le construire ou pas, et de jouer sur le volume des espaces intérieurs. La charpente tendue corrige tous les défauts de la charpente « à chevrons faisant ferme » en permettant :

- une large variété de pentes de toits,
- l'absence de liaisons par tenons et mortaises,
- un appui sur les murs mieux réparti ce qui permet une épaisseur de murs plus faible dans une gamme de matériaux beaucoup plus variée.

Charpente tendue et énergie solaire

En 1816, le Pasteur écossais Robert Stirling a déposé un brevet pour un "moteur à combustion externe", appelé aussi

"moteur à air chaud". Durant la deuxième moitié du 19ème siècle, Augustin Mouchot construisit un concentrateur solaire qui servit à faire fonctionner l'imprimerie de l'Exposition Universelle de 1878 pour imprimer le journal intitulé "le Soleil" à 500 exemplaires/heure. Ces deux inventions seront intégrées à l'architecture des bâtiments à charpente tendue pour produire de l'énergie sous forme de chaleur et d'électricité.

Inventer la maison bois de demain

La construction bois s'est considérablement développée en quelques années à la faveur de formes architecturales nouvelles, mais l'offre commence à saturer sous le poids des coûts et des techniques. Le prix du développement durable ne permet pas de construire équitablement. Avec la charpente tendue, l'objectif est d'apporter une solution technique et économique permettant de construire vite, à moindre coût, des maisons et des bâtiments dont la valeur écologique tient à la fois compte des ressources naturelles, de leur préservation, et de la capacité de recyclage des matériaux.

La société d'architecture

La société d'architecture sera composée d'un bureau d'étude, d'un cabinet de design et d'un bureau de marketing.

Le bureau d'étude

Le bureau d'étude sera composé d'ingénieurs spécialisés en construction bois, fibres, textiles techniques et informatique. Leur mission consistera à réaliser tous les calculs de structure pour l'habitat neuf sur projets, l'habitat neuf en kits, la réhabilitation de bâtiments anciens, la conception et la réhabilitation de bâtiments industriels et commerciaux, les études particulières aux sols (structures flottantes, bateaux, terrains en pente, sols composés...), les études particulières aux formes et techniques architecturales (formes complexes, revêtements extérieurs en mortiers de chaux, en bétons techniques, en torchis, en bois, etc...).

Le cabinet de design

Le cabinet de design sera composé d'architectes et de designers chargés de réaliser les projets d'architecture, créer de nouvelles formes architecturales, définir les nouvelles tendances, influencer sur les concepts de l'habitat (maison familiale, maison bureau, maison studio, maison de vacances, maison agrandissable, maison mobile, maison de plein air,



maison à patio, maison jardin, maison atelier....), influencer sur les pratiques professionnelles (bureaux mobiles, cabanes de chantier, boutiques ambulantes, stands forains...), et changer l'image parfois terreuse de la construction bio.

Le bureau de marketing

Le bureau de marketing sera chargé de représenter l'entreprise sur les salons internationaux, dans les médias, auprès des décideurs (maires, chefs d'entreprises, représentants des ONG internationales...). L'équipe marketing sera chargée de publier un journal numérique sur la charpente tendue. C'est également l'équipe marketing qui donnera les directions en matière de communication et de choix des tendances.

La société d'architecture sera une entreprise à dimension humaine, impliquée dans le développement de nouveaux procédés constructifs, de nouvelles tendances architecturales et de nouveaux modes de management de projets en s'appuyant sur les ressources industrielles et artisanales tant nationales qu'internationales.

Le choix d'une structure libérale

La société d'architecture n'est pas une entreprise commerciale, mais une structure libérale de gestion de projets. Le choix d'une structure libérale permet à la société d'être le spécialiste de la charpente tendue pour :

- la définition de projets → **accompagner les maîtres d'ouvrage dans la définition de leurs projets**
- la conception de projets → **réaliser les esquisses et les plans des projets**
- le calcul de structure → **valider chaque projet par un dimensionnement de structure adéquat**
- la modélisation informatique de la structure → **construire les plans 3D compatibles avec les chaînes de fabrication**
- la surveillance de la chaîne de fabrication → **assurer toutes les vérifications nécessaires lors de la phase de coupe**
- la construction des bâtiments à charpente tendue → **assurer la maîtrise d'œuvre**
- l'expertise sur les chantiers → **assurer les missions d'expertise en cas de sinistres.**

La société d'architecture pourra s'associer à d'autres cabinets d'architecture, sous-traiter, ou concéder des licences aux confrères architectes désireux d'utiliser la charpente tendue dans leurs projets. La société d'architecture aura alors une mission de conseil et d'ingénierie pour le dimensionnement des structures. Ce sont les habilitations obtenues par la société d'architecture qui lui permettront de garantir la qualité des ouvrages qu'elle conçoit.

La société d'architecture aura également la vocation de former les entreprises pour la mise en œuvre des constructions à charpente tendue. C'est la société d'architecture qui analysera les méthodes et les techniques qui définissent le savoir faire des charpentiers pour être en mesure de transmettre ce savoir. La transmission de savoir sera également un moyen stratégique permettant de surveiller le réseau des entreprises partenaires.

Liens avec la recherche publique

Les études techniques sur le procédé à charpente tendue seront réalisées par l'ENSTIB et le CRIT-Bois d'Epinal. Des partenariats universitaires sont également prévus pour l'embauche de doctorants. Les sujets proposés par la société d'architecture concerneront:

- L'utilisation des textiles techniques
- Le rurbanisme économique
- L'histoire des charpentes sans ferme
- L'innovation technologique dans les métiers du bois
- La cogénération Stirling dans les projets d'architecture

Il est également prévu d'établir un partenariat entre l'ENSTIB d'Epinal et le Pôle "Innovations Constructives" en Rhône Alpes à partir des recherches conduites sur la charpente tendue. Par ailleurs, il est prévu d'impliquer les pôles de compétitivité MATERIALIA et IAR (Association Industrie et Agro Ressources) en Champagne Ardennes.

L'impact socio-économique local

L'impact socio-économique au niveau local permettra de développer une filière spécialisée dans la construction à charpente tendue avec tous les services d'ingénierie et de design associés à cette activité. A terme, l'entreprise embauchera une quinzaine de personnes dont plus des deux tiers seront attachés à la Recherche et Développement.