

[M91-AIE]

Architecture en bois : enjeux numériques

Descriptif du séminaire

Enseignant·es

Julien Meyer | julien.meyer@nancy.archi.fr

Victor Frécharde | victor.frechard@nancy.archi.fr

Objectifs du cours

Deux phénomènes majeurs questionnent les pratiques actuelles de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction : la crise environnementale et l'utilisation croissante du numérique. Face à ces deux phénomènes, le matériau bois trouve une place privilégiée, par ses qualités intrinsèques de ressource renouvelable, locale, par sa transformation au relativement faible bilan énergétique mais également par sa capacité à être intégré dans des processus de conception et de fabrication numérique.

Plutôt que de simplement remplacer des pratiques manuelles, les outils de conception et de fabrication numérique peuvent être perçus comme un moyen de reconsidérer nos pratiques et nos conceptions au regard des enjeux environnementaux et sociétaux contemporains, et d'étendre l'utilisation du matériau bois en construction par la valorisation de nouvelles ressources, difficilement exploitées aujourd'hui car non-standards ou associées à une forte complexité. Ainsi, l'emploi du numérique facilite la conception d'architectures en bois, développant un nouveau langage architectural, étends les potentiels architecturaux par le développement d'architectures non-standards et l'utilisation de nouveaux procédés de fabrication, favorise l'utilisation d'une ressource peu valorisée, du réemploi aux fourches et perches de l'arbre, et nous accompagne dans l'acquisition et l'exploitation de données, visant la réhabilitation du patrimoine construit en bois.

Toutes ces dimensions de l'utilisation du numérique dans les pratiques de l'architecture en bois fondent l'expertise développée par les travaux de recherche du laboratoire de l'URM MAP-CRAI, enseignée dans ce séminaire. L'objectif de ce séminaire est ainsi de comprendre l'intérêt et la place de l'utilisation du numérique, pour concevoir des architectures en bois en adéquation avec les enjeux environnementaux et sociétaux actuels. Le séminaire s'articulera autour des thématiques qui fondent ou ont fondé les travaux de recherche du laboratoire de l'URM MAP-CRAI et de la Chaire Partenariale Architecture et Construction bois, du patrimoine au numérique :

- **L'appropriation d'une ressource non-standard** pour concevoir et construire l'architecture en bois : l'argument de l'usage de matériaux disponibles sur place pour l'édification d'un ouvrage n'a jamais été autant d'actualité et nécessite la considération de nouvelles ressources en bois, natifs et irréguliers, du réemploi au bois de l'arbre. L'utilisation du numérique nous accompagne dans l'intégration de ces éléments non-standards dans un continuum informationnel numérique liant conception et fabrication par l'acquisition des données uniquement nécessaires.
- La **conception paramétrique d'architectures en bois** : la conception paramétrique permet la génération de structures en bois optimisées vis-à-vis de critères architecturaux et d'ingénierie par l'utilisation, dès les premières étapes de la conception, d'outils d'aide la conception, favorisant un retour d'information sur des enjeux structurels, productiques, thermiques, acoustiques, environnementaux...
- La **fabrication numérique** et le **prototypage rapide** : les technologies de transformation du bois se sont développées selon trois phases, de l'outil à main aux machines-outils à, aujourd'hui la commande numérique et la robotique. Ces technologies ne se remplacent pas mais se chevauchent, s'amplifient et se complètent. La fabrication numérique a permis l'ouverture à une flexibilité formalisée de la production de pièces dont la complexité ne présente plus une limite, favorisant la conception d'architectures non-standards.

Dans ce séminaire nous nous intéresserons à la notion de continuité informationnelle numérique, définie comme la transformation numérique d'une géométrie « *abstraite* » en un objet réel en tirant parti de la capacité de plusieurs systèmes à échanger des informations et à utiliser les informations échangées. Pour comprendre ces notions, vous expérimenterez le processus d'appropriation d'une ressource non-standard en bois pour concevoir et réaliser, de manière collaborative, une structure de manière paramétrique. Les séances se composeront de cours théoriques vous accompagnant dans ce travail en vous apportant les bases nécessaires. Ces bases convoquent des connaissances en mécanique du matériau bois, en conception paramétrique, en numérisation, en collaboration et en fabrication numérique. Le projet du séminaire vous permettra de développer une compétence propre par l'expérimentation et par l'accompagnement de chercheurs.

Ce séminaire s'inscrit dans un parcours « *Bois* », dispensé dans le master AIE de l'ENSA Nancy, constitué également du séminaire [S7-M71-AIE] *Construire en bois*, donnant les bases nécessaires à l'acte de concevoir et construire des architectures en bois, et de l'option libre [S8-M83] *Structures Innovantes*, permettant la construction d'une architecture à l'échelle 1. Le rôle du numérique dans l'architecture en bois est introduit par ce séminaire [S9-M91-AIE] *Architectures en bois : enjeux numériques*. Le master de spécialisation « *Architecture et Construction Bois* » co-habité par l'ENSA Nancy et l'ENSTIB d'Epinal permet de continuer cette montée en compétence relative à l'architecture en bois.

Projet 2024 : RAPAC : RAW Parametric Arch made in Collaboration

Vous concevrez et réaliserez, de manière collaborative, dans un environnement hybridant physique et numérique, une arche franchissant une portée définie, à partir d'une ressource non-standard en bois : les branches de l'arbre, courbées et fourchues. A ce jour, seulement 35% environ du bois récolté en forêt est utilisé par le secteur de la construction, si on ne considère que les troncs d'arbres droits. Les bois de faible diamètre, courbés ou fourchus sont délaissés ou utilisés comme bois de chauffage. Vous appréhendez dans cet exercice comment le numérique, par la numérisation et la conception paramétrique, peut favoriser la valorisation d'une plus grande partie de l'arbre en construction tout en offrant de nouvelles opportunités architecturales et structurelles.



Exemple d'utilisation d'une ressource non-standard en bois pour concevoir et construire l'architecture. Réalisation d'un hangar de stockage de copeaux de bois à Hooke Park à partir de vingt fourches de hêtre. Conception et réalisation par les étudiants du programme Design + Make de l'Architectural Association School of Architecture de Londres.

L'ensemble des étudiants participeront à la conception et la réalisation d'une structure unique, composée de sous-structures assemblées, conçues par différents groupes. Par groupes de 2, vous disposerez de trois éléments en bois : 1 fourche et 2 branches tordues d'un diamètre d'environ 50 mm et d'une longueur variant entre 100 et 150 cm. A partir de cette ressource, numérisée et traitée sous forme d'un maillage, vous concevrez, de manière paramétrique, une partie de la structure globale. L'ensemble des sous-structures seront assemblées numériquement, puis modifiées pour optimiser leur combinaison, en utilisant les outils actuels d'interopérabilité et de collaboration. La fabrication des éléments de la structure sera facilitée par la conception paramétrique mais sera réalisée à l'aide d'outils à main et de machines-outils. Le montage final de la structure conclura le séminaire.

Acquis de formation

- Concevoir des systèmes de structures en bois et leurs assemblages
- Acquérir les connaissances élémentaires de la mécanique du bois
- Acquérir les connaissances élémentaires de la fabrication numérique
- Appréhender les opportunités et les limites des techniques de numérisation
- Utiliser les outils de conception paramétrique et de simulation mécanique
- Utiliser les outils de collaboration numérique
- Fabriquer des composants architecturaux en bois

Compétences transversales

- Utiliser une méthodologie de travail appropriée, organiser un travail
- Développer un esprit logique
- Gérer un projet collaboratif

Equipe enseignante

Responsables : Julien Meyer et Victor Fréchard

Julien Meyer : 39h

Victor Fréchard : 39h

Intervenants fabrication numérique : Anwar Nehlawi (MAP-CRAI, 3h) et Léa Malherbe (ENSTIB, 3h)

Intervenant ressource non-standard et réemploi : Maxence Lebossé : 3h

Moyens techniques et matériels

Accès à la plateforme SMLXL dont machines à commandes numériques. Accès à une licence Rhinoceros/Grasshopper + Karamba3d sur ordinateur personnel durant la durée du séminaire. D'autres technologies appartenant au laboratoire du MAP-CRAI pourront être utilisées avec les enseignants référents (scan notamment).

Modalités d'évaluation

Le séminaire sera évalué en contrôle continu. Des contrôles de connaissances seront réalisés suite aux séances théoriques (3/20) et sera complété par une évaluation de l'avancement (7/20) et du rendu (10/20) du projet personnel de l'étudiant.

Calendrier

#	Date et horaire	Lieu	Séance	Enseignants
1	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Introduction du séminaire, mécanique du bois et conception paramétrique	Victor Fréchard Julien Meyer
2	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Appropriation d'une ressource non-standard et numérisation	Julien Meyer Maxence Lebossé Victor Fréchard
3	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Projet : appropriation paramétrique de la ressource	Julien Meyer Victor Fréchard
4	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Projet : conception de la structure : stabilité et assemblages	Victor Fréchard Julien Meyer
5	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Projet : conception de la structure : stabilité et assemblages	Victor Fréchard Julien Meyer
6	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Projet : conception de la structure : stabilité et assemblages	Victor Fréchard Julien Meyer
7	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Collaboration numérique : Speckle	Victor Fréchard Julien Meyer
8	Date 9h00 – 12h00	Vitrine	Projet : assemblage des structures et simulation mécanique	Victor Fréchard Julien Meyer
9	Date 9h00 – 12h00	ENSTIB	Fabrication numérique : prototypage rapide et robotique	Julien Meyer Anwar Nehlawi Léa Malherbe Victor Fréchard
10	Date 9h00 – 12h00	Vitrine et SMLXL	Projet : préparation de la fabrication	Julien Meyer Victor Fréchard
11	Date 9h00 – 12h00	Vitrine et SMLXL	Projet : fabrication	Julien Meyer Victor Fréchard
12	Date 9h00 – 12h00	Vitrine et SMLXL	Projet : fabrication	Julien Meyer Victor Fréchard
13	Date 9h00 – 12h00	Vitrine et SMLXL	Montage et restitution du projet	Julien Meyer Victor Fréchard



Architecture en bois : enjeux numériques

Année	5	Heures CM	26	Caractère	option	Code
Semestre	9	Heures TD	26	Compensable	oui	Mode Séminaire
E.C.T.S.	6	Coefficient	1	Session de rattrapage	oui	

Responsables : M. Fréchar, M. Meyer

Objectifs pédagogiques

Deux phénomènes majeurs questionnent les pratiques actuelles de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction : la crise environnementale et l'utilisation croissante du numérique. Face à ces deux phénomènes, le matériau bois trouve une place privilégiée, par ses qualités intrinsèques de ressource renouvelable, locale et par sa transformation au relativement faible bilan énergétique mais également par sa capacité à être intégré dans des processus de conception et de fabrication numérique.

Plutôt que de simplement remplacer des pratiques manuelles, les outils de conception et de fabrication numérique peuvent être perçus comme un moyen de reconsidérer nos pratiques et nos conceptions au regard des enjeux environnementaux et sociétaux contemporains, et d'étendre l'utilisation du matériau bois en construction par la valorisation de nouvelles ressources, difficilement exploitées aujourd'hui car non-standards ou associées à une forte complexité. Ainsi, l'emploi du numérique facilite la conception d'architectures en bois, développant un nouveau langage architectural, étend les potentiels architecturaux par le développement d'architectures non-standards et de nouveaux procédés de fabrication, favorise l'utilisation d'une ressource non-standard, du réemploi aux fourches et perches de l'arbre, et nous accompagne dans l'acquisition et l'exploitation de données, visant la réhabilitation du patrimoine construit en bois.

Toutes ces dimensions de l'utilisation du numérique dans les pratiques de l'architecture en bois fondent l'expertise développée par les travaux de recherche du laboratoire de l'URM MAP-CRAI, enseignée dans ce séminaire. L'objectif de ce séminaire est ainsi de comprendre l'intérêt et la place de l'utilisation du numérique, pour concevoir des architectures en bois en adéquation avec les enjeux environnementaux et sociétaux actuels. Le séminaire s'articulera autour des thématiques qui fondent ou ont fondé les travaux de recherche du laboratoire de l'URM MAP-CRAI et de la Chaire Partenariale Architecture et Construction bois, du patrimoine au numérique :

- L'appropriation d'une ressource non-standard pour concevoir et construire l'architecture en bois : l'argument de l'usage de matériaux disponibles sur place pour l'édification d'un ouvrage n'a jamais été autant d'actualité et nécessite la considération de nouvelles ressources en bois, natifs et irréguliers, du réemploi au bois de l'arbre. L'utilisation du numérique nous accompagne dans l'intégration de ces éléments non-standards dans un continuum informationnel numérique liant conception et fabrication par l'acquisition des données uniquement nécessaires.

- La conception paramétrique d'architectures en bois : la conception paramétrique permet la génération de structures en bois optimisées vis-à-vis de critères architecturaux et d'ingénierie par l'utilisation, dès les premières étapes de la conception, d'outils d'aide la conception, favorisant un retour d'information sur des enjeux structurels, productiques, thermiques, acoustiques, environnementaux...

- La fabrication numérique et le prototypage rapide : les technologies de transformation du bois se sont développées selon trois phases, de l'outil à main aux machines-outils à, aujourd'hui la commande numérique et la robotique. Ces technologies ne se remplacent pas mais se chevauchent, s'amplifient et se complètent. La fabrication numérique a permis l'ouverture à une flexibilité formalisée de la production de pièces dont la complexité ne présente plus une limite, favorisant la conception d'architectures non-standards.

Ce séminaire s'inscrit dans un parcours « Bois », dispensé dans le master AIE de l'ENSA Nancy, constitué également du séminaire [S7-M71-AIE] Construire en bois, donnant les bases nécessaires à l'acte de concevoir et construire des architectures en bois, et de l'option libre [S8-M83] Structures Innovantes, permettant la construction d'une architecture à l'échelle 1. Le rôle du numérique dans l'architecture en bois est introduit par ce séminaire [S9-M91-AIE] Architectures en bois : enjeux numériques. Le master de spécialisation « Architecture et Construction Bois » co-habité par l'ENSA Nancy et l'ENSTIB d'Epinal permet de continuer cette montée en compétence relative à l'architecture en bois.

Contenu

Dans ce séminaire nous nous intéresserons à la notion de continuité informationnelle numérique, définie comme la transformation numérique d'une géométrie « abstraite » en un objet réel en tirant parti de la capacité de plusieurs systèmes à échanger des informations et à utiliser les informations échangées. Pour comprendre ces notions, vous expérimenterez le processus d'appropriation d'une ressource non-standard en bois pour concevoir et réaliser, de manière collaborative, une structure de manière paramétrique. Les séances se composeront de cours théoriques vous accompagnant dans ce travail en vous apportant les bases nécessaires. Ces bases convoquent des connaissances en mécanique du matériau bois, en conception paramétrique, en numérisation, en collaboration numérique et en fabrication numérique. Le projet du séminaire permettra à l'étudiant de développer une compétence propre par l'expérimentation et par l'accompagnement de chercheurs.

Projet 2024 : RAPAC : RAW Parametric Arch made in Collaboration

Vous concevrez et réaliserez, de manière collaborative, dans un environnement hybridant physique et numérique, une arche franchissant une portée définie, à partir d'une ressource non-standard en bois : les branches de l'arbre, courbées et fourchues. A ce jour, seulement 35% environ du bois récolté en forêt est utilisé par le secteur de la construction, si on ne considère que les troncs d'arbres droits. Les bois de faible diamètre, courbés ou fourchus sont délaissés ou utilisés comme bois de chauffage. Vous appréhendez dans cet exercice comment le numérique, par la numérisation et la conception paramétrique, peut favoriser la valorisation d'une plus grande partie de l'arbre en construction tout en offrant de nouvelles opportunités architecturales et structurelles.

L'ensemble des étudiants participeront à la conception et la réalisation d'une structure unique, composée de sous-structures assemblées,

conçues par différents groupes. Par groupes de 2, vous disposerez de trois éléments en bois : 1 fourche et 2 branches tordues d'un diamètre d'environ 50 mm et d'une longueur variant entre 100 et 150 cm. A partir de cette ressource, numérisée et traitée sous forme d'un maillage, vous concevrez, de manière paramétrique, une partie de la structure globale. L'ensemble des sous-structures seront assemblées numériquement, puis modifiées pour optimiser leur combinaison, en utilisant les outils actuels d'interopérabilité et de collaboration. La fabrication des éléments de la structure sera facilitée par la conception paramétrique mais sera réalisée à l'aide d'outils à main et de machines-outils. Le montage final de la structure conclura le séminaire.

Mode d'évaluation

Le séminaire sera évalué en contrôle continu. Des contrôles de connaissances seront réalisés suite aux séances théoriques (3/20) et sera complété par une évaluation de l'avancement (7/20) et du rendu (10/20) du projet personnel de l'étudiant.

