moduloop

GUIDE DE BONNES PRATIQUES

et recommandations pour la formation



W.A.V.E. | WOOD ADDED VALUE ENABLER

2024 - 2027

Interreg

Cofinancé par
l'Union Européenne
Kofinanziert von
der Europäischen Union

Grande Région | Großregion

W.A.V.E.

moduloop

GUIDE DE BONNES PRATIQUES

et recommandations pour la formation



moduloop

GUIDE DE BONNES PRATIQUES

SOMMAIRE

Préface 3
- Description du projet W.A.V.E. 3
- ModuLoop – l'outil de formation circulaire pour la construction bois 3

I. Conception et planification 4
- ModuLoop - Données clés 4
- ModuLoop - Particularités 4
- Planification de ModuLoop: bureau d'ingénierie Pyttlik & Bormann 5
- Montage des structures expériementales 6
- ModuLoop | Importance pour la formation 7

II. Structure expérimentale 8
- Collaboration des acteurs autour de Moduloop 8
- Le bois, un catalyseur du 27/10/2025 9
- Brève description de l'événement 9
- Impact et retombées de l'événement 9

III. Intégration dans la formation 10
- Formation et nouveau plan d'études cadre 2026/2027 11
- Prestations dans le projet W.A.V.E. 12
- Entretiens et enquêtes 13
- Retour des apprentis sur le montage de ModuLoop 14
- Témoignages 16
- Plan de montage et de démontage 17
- StudiZubi2 du 18 août 2026 18
- Résultats des essais 20
- Éléments de contexte 21

IV. Bonnes pratiques et recommandations pour la formation 22
- Le bois, un catalyseur 22
- Conclusion ModuLoop 23
- Recommandations 23
- Perspectives 23

V. Index ModuLoop | Glossaire 24
- Mentions légales 25

PRÉFACE

Description du projet W.A.V.E.

Cette brochure s'inscrit dans le cadre du projet Interreg VI W.A.V.E. (Wood Added Value Enabler), dédié à la coopération transfrontalière pour le développement et la promotion de la filière bois dans la Grande Région.
En 2024, un réseau de 29 partenaires de projet s'est constitué afin de mettre en œuvre des stratégies transfrontalières visant à soutenir et à développer les secteurs du bois et de la construction. L'objectif est de renforcer durablement la chaîne de valeur régionale et de contribuer à l'établissement d'une filière bois performante au sein de la Grande Région.

Le projet repose sur quatre piliers principaux : une meilleure connaissance des ressources forestières, le renforcement de la coopération transfrontalière, le soutien à l'innovation et à la numérisation des entreprises avec l'intégration des résultats du projet dans la formation professionnelle continue, ainsi que la promotion du développement économique de la construction bois à travers des actions d'information, des manifestations spécialisées et des outils d'aide à la décision en faveur de l'utilisation du bois dans les projets de construction.

ModuLoop – l'outil de formation circulaire pour la construction bois

Début 2025, la conception d'un module en bois démontable sans destruction et conforme aux principes de l'économie circulaire a été confiée au bureau d'ingénierie Pyttlik & Bormann S.à.r.l. au Luxembourg. Conçu dans le cadre du projet W.A.V.E., il répond à des objectif pédagogique pour la formation des apprentis.
Conçu comme un outil pédagogique pratique favorisant l'apprentissage de la construction circulaire, ModuLoop a été imaginé, planifié et développé dans le cadre du projet. En coopération avec le centre de formation de l'AGV Bau Saar, une première structure expérimentale à échelle réduite a été présentée le 27 octobre 2025 à l'occasion de la manifestation «Le bois, un catalysateur». Lors de cet événement, les concepteurs Michael Bormann et Jonas Tossing ont présenté ModuLoop ainsi que ses possibilités d'application dans la formation.
Pour l'enseignement professionnel, ModuLoop constitue un outil innovant permettant de transmettre les principes de la construction circulaire et de la préfabrication. Il crée ainsi un lien entre les savoir-faire artisanaux traditionnels et les approches modernes d'une construction durable en bois, tournée vers l'avenir.

ModuLoop - Guide de bonnes pratiques

I. CONCEPTION ET PLANIFICATION



Fig. 1: Dessin du modèle,
Jonas Tossing (Pyttlik&Bormann)

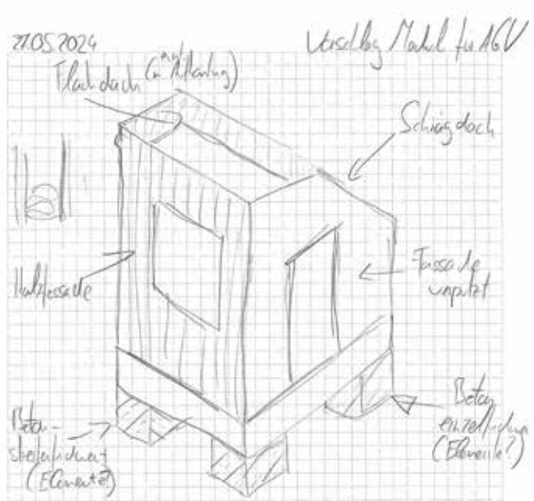


Fig. 2: Première esquisse d'idée, mai 2024,
Benedikt Hirsch (IZES gGmbH)

ModuLoop - Données clés

- Dimensions:
  8,2m x 2,5m x 3,1m (l x l x h)
- Matériaux:
  bois de construction massif (KVH) C24, bois lamellé-collé (BSH) GL24c et bois lamibois (Steico LVL)
- Conditions de calcul statique:
  zone de charges de neige 2 (≤ 300 m d'altitude), zone de charges de vent 2, charge d'exploitation de 3,0 kN/m²
- Poids total du module: environ 4 tonnes
- Éléments individuels les plus lourds:
  élément mural env. 125 kg,
  élément de plancher en LVL env. 80 kg,
  poutre de soutien en bois lamellé-collé env. 70 kg
- Utilisation entièrement flexible de 12 des 16 éléments muraux

ModuLoop - Particularités

- Aucun assemblage entre les différents éléments n'est réalisé au moyen de vis.
- Tous les éléments peuvent être transportés et montés manuellement.
- Les assemblages en bois sont conçus de manière à suggérer intuitivement l'ordre correct de montage.
- Seuls quatre des seize éléments muraux sont nécessaires pour garantir la stabilité de l'ouvrage.
- Les éléments sont assemblés exclusivement à l'aide de connecteurs Sihga IdeFix ou d'inserts filetés RAMPA; ces assemblages peuvent, en théorie, être démontés et remontés un nombre illimité de fois.

Planification de ModuLoop : bureau d'ingénierie Pyttlik & Bormann

ModuLoop est un module de formation pratique conçu pour transmettre aux apprentis les principes d'une construction durable et circulaire. Il constitue un outil pédagogique moderne destiné à la formation des charpentiers ainsi que d'autres corps de métier du secteur de la construction.
La conception de ModuLoop au sein du projet W.A.V.E. a été confiée en mars 2025 au bureau d'ingénierie Pyttlik & Bormann. Depuis sa création en 2017, l'entreprise dirigée par Michael Bormann a développé une approche associant théorie et pratique grâce à une équipe composée de charpentiers expérimentés ayant suivi une formation complémentaire en ingénierie civile, d'ingénieurs spécialisés dans la construction bois, de techniciens du bâtiment et de dessinateurs compétents.
La conception de ModuLoop repose sur plusieurs principes fondamentaux : l'utilisation de matériaux réutilisables, la préservation des ressources, la réduction des déchets ainsi qu'une construction entièrement démontable, réutilisable et recyclable.

Les exigences définies avant l'attribution du marché mettaient l'accent sur les points suivants :

- Priorité accordée à l'utilisation de **matériaux réutilisables et démontables.**
- **Préservation des ressources** grâce à une planification précise et à une réduction maximale des déchets.
- Conception permettant un démontage complet **en éléments individuels ainsi que leur recyclage.**
- **Utilisation de matériaux durables**, réparables et/ou remplaçables.
- Recours à des **systèmes d'assemblage non destructifs.**

L'une des principales particularités de ModuLoop réside dans l'assemblage des différents éléments à l'aide de connecteurs Sihga IdeFix et d'inserts filetés RAMPA. Grâce à ce système, les assemblages peuvent, en théorie, être démontés et remontés un nombre illimité de fois. Le module est ainsi entièrement démontable et peut être réinstallé sur un autre site sans détérioration de ses composants.

Montage des structures expérimentales

Dans le cadre du projet W.A.V.E. (activité 3.9), une structure expérimentale basée sur la conception de ModuLoop a été réalisée en coopération avec le centre de formation de l'AGV Bau Saar et présentée pour la première fois le 27 octobre 2025. S'appuyant sur la conception de l'outil pédagogique et d'entraînement ModuLoop, démontable sans destruction, cette structure visait à démontrer la mise en œuvre de nouvelles solutions dans la construction bois. Les coûts de conception de ModuLoop ont été pris en charge dans le cadre du projet, de même que les dépenses de matériaux nécessaires à la réalisation de la structure expérimentale sous forme de construction à ossature. La structure cadre de 3 x 3 mètres a été réalisée sur la base de la planification de ModuLoop en tant que démonstrateur dans le centre de formation de l'AGV Bau Saar.

Les exigences techniques de la conception comprenaient:

- les **calculs statiques** pour tous les éléments porteurs
- les plans **détaillés** d'exécution, de construction et de taille
- les **modèles 3D** et les nomenclatures des pièces
- des dimensions **adaptées au transport**
- au moins **95 % de démontabilité** sans destruction
- environ **20 cycles de montage et de démontage** sans dégradation significative
- un niveau de **préfabrication** aussi élevé que possible
- le montage et le démontage **sans grue**
- la possibilité de transport à l'aide d'un **chariot élévateur à fourche**

ModuLoop | Importance pour la formation

ModuLoop poursuit **plusieurs objectifs** centraux en tant qu'outil pédagogique et d'apprentissage :

- **Réutilisabilité et préservation des ressources:** le module en bois est conçu à partir de matériaux durables, entièrement démontables sans destruction, tandis qu'une planification précise permet de minimiser les pertes de matériaux.
- **Apprentissage pratique:** les apprentis travaillent en équipes pouvant compter jusqu'à six personnes et apprennent à la fois le montage et le démontage d'un système modulaire en bois. Ils développent ainsi des compétences essentielles pour leur future activité professionnelle dans le domaine de la construction bois moderne.
- **Extension modulaire et flexibilité:** le module est conçu de manière à permettre la réalisation et l'apprentissage de différents scénarios de mise en œuvre, tels que les constructions de façades, les structures de murs, de planchers et de toitures, la pose de portes et de fenêtres ainsi que la réalisation de raccords étanches à l'air. Grâce à ces processus de travail, certaines étapes de la construction bois moderne peuvent être reproduites et exercées dans des conditions proches de la pratique.
- Grâce à ces processus de travail, certaines parties du nouveau référentiel de formation du métier de charpentier, applicable à partir de l'année scolaire 2026/2027, sont couvertes.



Fig. 3: Montage de la structure expérimentale, octobre 2025

II. STRUCTURE EXPÉRIMENTALE

Collaboration des acteurs autour de ModuLoop

La conception de ModuLoop dans le cadre du projet W.A.V.E. a été réalisée par le bureau d'ingénierie Pyttlik & Bormann sous la responsabilité de **Jonas Tossing**, qui a accompagné le projet tout au long de son développement.

Au sein de W.A.V.E., ModuLoop a constitué le fil conducteur de la conception et du développement des activités menées par les partenaires sarrois **IZES gGmbH** et la société de services de **l'AGV Bau Saar**.
L'idée de ModuLoop a été initiée par les collaborateurs de projet **Benedikt Hirsch** (IZES gGmbH) et **Michael Friedrich** (DLG), qui ont introduit ce concept dans le projet. Après l'attribution du marché, Jonas Tossing a pris en charge les travaux de planification.

La première transmission au centre de formation concernait les plans de taille et de préfabrication destinés à la réalisation de la structure expérimentale présentée lors de la manifestation «Le bois, un catalyseur» du 27 octobre 2025. Lors de cet événement, Jonas Tossing a présenté ModuLoop, ses particularités et ses possibilités d'application dans le cadre d'une conférence. Il a également contribué à l'élaboration de deux brochures : le dépliant consacré à ModuLoop (plan de montage et de démontage, voir p. 17) ainsi que le présent catalogue de mesures. Enfin, il est intervenu comme animateur d'atelier lors de l'événement StudiZubi2 organisé le 18 août 2026 à la htw saar (voir p. 18-20).

De l'idée initiale jusqu'aux différentes activités et publications réalisées dans le cadre de ModuLoop au sein de W.A.V.E., le projet a été accompagné et réalisé pendant trois ans par **Benedikt Hirsch** ainsi que par le partenaire IZES gGmbH.
Les entreprises du secteur de la construction ont participé au projet W.A.V.E. en tant qu'acteurs du projet et participants aux manifestations spécialisées, aux réunions d'information ainsi qu'aux excursions proposées.

Pour la réalisation de la structure expérimentale présentée le 27 octobre 2025, l'entreprise **Holzbau Bernardi** a été associée au projet. Elle a assuré la fourniture des matériaux ainsi que la taille des éléments nécessaires au montage de la structure expérimentale au centre de formation de l'AGV Bau Saar.

L'entreprise LOËS Holz- und Fassadenbau a soutenu l'atelier StudiZubi2, qui s'est tenu le 18 août 2026 à la htw saar, grâce à la participation active de son formateur et de neuf de ses apprentis. En collaboration avec des étudiants en génie civil, ils ont réalisé les maquettes d'étude et effectué les essais sur un nœud structurel issu de la conception de ModuLoop.

Le **professeur Markus Enders-Comberg** était le principal interlocuteur scientifique pour cette collaboration avec la htw saar. Il s'est engagé dans les activités liées à ModuLoop, les ateliers pratiques, la réalisation des essais ainsi que leur documentation au sein du domaine du génie civil, plus particulièrement dans les spécialités construction métallique et construction bois.
L'objectif et le résultat de W.A.V.E. consiste consistaient à intégrer la construction bois et les résultats du projet dans les offres de formation continue de la filière du bâtiment.

Le bois, un catalyseur du 27/10/2025

Brève description de l'événement

La manifestation «Le bois, un catalyseur», organisée le 27 octobre 2025 au centre de formation de l'AGV Bau Saar, a offert aux partenaires du projet Interreg W.A.V.E. l'occasion de présenter à un large public professionnel les principaux résultats intermédiaires de leurs travaux. Des représentants des milieux économiques, de la recherche, de la politique, de la sylviculture et de la formation ont pu découvrir les différents volets du projet ainsi que leur contribution à l'avenir de la filière bois dans la Grande Région.
Les échanges ont notamment porté sur l'inventaire numérique des ressources forestières, l'identification d'essences d'avenir adaptées au changement climatique ainsi que le développement de nouvelles possibilités de valorisation des essences régionales. C'est dans ce contexte que ModuLoop a également été présenté.
En tant que résultat du module de travail 3, ModuLoop illustre le transfert de la recherche et du développement vers des applications pratiques. Alors que d'autres volets du projet créent les bases de l'utilisation future des ressources forestières régionales, ModuLoop montre comment ces connaissances peuvent être transmises dans le cadre de la formation professionnelle et de la pratique en entreprise.
L'événement a mis en lumière la complémentarité des composantes de W.A.V.E. et leur engagement commun pour une filière bois innovante et d'avenir. Il a également valorisé le rôle stratégique du bois comme levier de performance pour les projets de construction.



Fig. 4: Le ministre de l'Économie Jürgen Barke lors du discours d'ouverture

Impact et retombées de l'événement

- Promotion des échanges professionnels
- Renforcement du transfert de connaissances au niveau transfrontalier.
- Source d'inspiration pour les entreprises
- Participation du ministère de tutelle, représenté par le ministre Jürgen Barke (MWIDE).
- Communication et relations publiques : reportage à la télévision régionale SR.

Aktueller Bericht SR Fernsehen (Minute 11:43 – 14:35) >>

III. INTÉGRATION DANS LA FORMATION

Le centre de formation de l'AGV Bau Saar est partenaire du projet W.A.V.E. Grâce au soutien de sa direction ainsi que des formateurs en charpente Maik Schwinn et Hans Peter Marschall, la structure expérimentale a pu être réalisée et poursuivie en tant que projet pilote pour la formation en 2026 (voir p. 11-17).
La possibilité de déplacer ModuLoop, outil pédagogique et d'entraînement démontable sans destruction, d'un centre de formation à un autre au sein de la Grande Région, a donné naissance à l'idée d'un échange d'apprentis.

Malheureusement, malgré de grands efforts, il n'a pas été possible de concrétiser un tel échange entre le centre de formation de l'AGV Bau Saar à Sarrebruck et le Zentrum für Aus- und Weiterbildung des Mittelstandes V.o.G. de Saint-Vith.
Un échange d'apprentis avec la Belgique n'a donc pas pu être mis en œuvre. Malgré l'appui du partenaire WFG Ostbelgien, les différences entre les systèmes de formation et leur organisation dans les deux pays se sont révélées trop importantes pour permettre la réalisation de ce projet.



Fig. 5: Apprenti(e)s lors du démontage du ModuLoop

Informations complémentaires
Centre de formation de l'AGV Bau Saar

- Centre de formation interentreprises du secteur principal du bâtiment depuis 1937.
- Chantier-école assurant la formation dans 19 métiers du bâtiment.
- Offre de formation initiale, de perfectionnement professionnel et de formation continue.
- Aujourd'hui, le plus grand établissement de ce type exploité par le secteur privé dans le sud-ouest de l'Allemagne.
- Jusqu'à 280 apprenants en formation.
- Outre les cours de base en construction bois, le centre propose des formations spécialisées en construction bois pour les couvreurs ainsi que des formations à l'utilisation des machines destinées aux charpentiers.

Formation et nouveau plan d'études cadre 2026/2027

L'introduction de ModuLoop dans la formation et son intégration au nouveau référentiel de formation 2026/2027 offrent aux apprentis la possibilité de simuler l'ensemble du traitement des commandes jusqu'à la création d'une partie d'un bâtiment.

L'objectif central est de placer les apprentis en situation réelle en leur confiant ce projet comme une véritable commande client, afin de leur donner une vision globale et concrète de la pratique professionnelle. Les apprentis doivent modéliser les murs dans le logiciel de construction bois SEMA, puis assurer le transfert des données vers le centre d'usinage CNC.

Dans l'étape suivante, les apprentis doivent charger la machine et démarrer le débit via la machine CNC. Les éléments élaborés sont ensuite préassemblés, collés hermétiquement de l'intérieur, insérés dans ModuLoop en tant qu'éléments de mur complets et raccordés de manière étanche comme dans la pratique.
Ensuite, il y a l'isolation des panneaux avec une isolation en fibres de bois durable, le revêtement extérieur avec un panneau porteur pour enduit en fibres de bois et une façade ventilée en bardage losange avec des panneaux sol-plan. De plus, la jonction au niveau du socle doit être réalisée avec une tôle d'aluminium anthracite ainsi qu'une protection contre les petits animaux comme cela se fait sur le terrain.
De plus, les apprentis doivent poser les fenêtres en veillant à la parfaite étanchéité à l'air des raccordements et à la conformité de la mise en œuvre.
Il est prévu de ne pas utiliser de films pour assurer l'étanchéité à l'air et au vent, mais d'appliquer un système ouvert à la diffusion avec isolation en fibres de bois. Ce système est moins sujet aux erreurs et convient également bien à la protection contre la chaleur estivale et au confort acoustique.
Dans le cadre du projet pilote ModuLoop au centre de formation de l'AGV Bau Saar 2026, financé par le Ministère du Travail, des Affaires sociales, des Femmes et de la Santé (MASFG) de la Sarre, ModuLoop a pu être entièrement monté et démonté sur la structure cadre de 3 x 3 m. Le démontage et le remontage auront lieu pendant l'année scolaire 2026/2027.

Prestations dans le projet W.A.V.E.

Module de travail 3

Activité 3.8

- Réalisation d'événements spécialisés et d'information au niveau régional sur le thème de l'intégration de la construction bois et des résultats du projet dans les offres de formation continue du secteur du bâtiment.
- Organisation d'au moins deux manifestations professionnelles par an avec des intervenants de renom (keynote speakers), au centre de formation de l'AGV Bau Saar ainsi que dans d'autres lieux appropriés.
- Proposition de formats d'événements utiles aux entreprises du secteur de la construction et à leur écosystème participatif.
- Intégration des thématiques issues des autres activités du projet Interreg W.A.V.E., en collaboration avec les partenaires de la Grande Région, afin de s'adresser à un public interrégional.

Activité 3.9

- Réalisation de constructions expérimentales utilisant différents matériaux de construction, avec un accent particulier sur la construction bois et la combinaison de matériaux innovants.
- En collaboration avec des entreprises et le centre de formation du secteur de la construction à Sarrebruck, des constructions expérimentales seront réalisées et testées sur place ou dans d'autres lieux appropriés. Ces essais, menés à l'échelle du laboratoire et accompagnés d'un suivi scientifique, permettront d'évaluer la mise en œuvre de nouvelles solutions dans le domaine de la construction bois.
- Dans le cadre du projet, seuls les coûts liés à la conception et à la planification sont pris en charge. La réalisation matérielle des constructions expérimentales sera financée par d'autres sources de financement.

Entretiens et enquêtes

Entretien avec le formateur

L'entretien avec le formateur Maik Schwinn
a été réalisé le 13 janvier 2026 au centre de formation.

1. Structure expérimentale du 27 octobre 2025

Comment avez-vous perçu l'annonce de cette structure expérimentale ?

«Il est rapidement apparu que nous souhaitions participer au projet. Ce type d'initiative apporte des situations de travail réelles dans le cadre de la formation. La coordination avec le bureau d'études et le fournisseur s'est bien déroulée ; toutefois, au démarrage, tous les plans et documents de préfabrication n'étaient pas encore disponibles.»

Comment s'est déroulé le montage ?

«Dans un premier temps, nous avons examiné ensemble les vues 3D et les plans disponibles. Ensuite, la structure de base et l'ossature ont été montées par petits groupes de trois apprentis au maximum. Certains éléments ont été livrés ultérieurement et plusieurs perçages ne correspondaient pas exactement, ce qui nous a obligés à improviser. Le deuxième jour, le montage s'est déroulé de manière nettement plus fluide. Les parois ont été réalisées en grande partie sans instructions détaillées. Au total, les apprentis ont consacré environ 40 heures de travail au projet.»

Qu'est-ce qui vous a particulièrement marqué ?

«Les dimensions du module étaient inhabituelles pour les apprentis. Des éléments de cette taille nécessitent une forme de coopération différente de celle des projets de formation habituels. Le projet a également montré l'importance de la flexibilité lorsque certains composants ou assemblages ne s'adaptent pas comme prévu. D'un point de vue organisationnel, le montage était exigeant puisqu'il se déroulait parallèlement aux activités de formation ordinaires.»

Quelle valeur ajoutée ce projet apporte-t-il aux apprentis?

«Le projet a permis de passer de petits exercices pratiques à une tâche de construction proche des conditions réelles. Les apprentis ont découvert de nouvelles techniques d'assemblage et ont pu constater comment les contenus théoriques pouvaient être appliqués dans un contexte de construction plus vaste.»

Dans quelle mesure les apprentis étaient-ils préparés?

«Le temps de préparation a été limité en raison du lancement tardif du projet. Les apprentis connaissaient la présentation du projet, mais beaucoup n'en ont réellement compris la portée globale qu'au cours de sa réalisation. Cette expérience nous a montré comment intégrer plus efficacement ModuLoop dans la formation à l'avenir.»

2. Poursuite du projet ModuLoop

Comment évaluez-vous la planification initiale ?

«Dans ses dimensions initiales, le concept aurait été difficile à intégrer durablement dans le quotidien de la formation. Des adaptations sont nécessaires pour permettre une utilisation à long terme.»

Quelles opportunités voyez-vous dans ce type de projet ?

«Les impulsions extérieures constituent une réelle valeur ajoutée pour la formation. ModuLoop permet de mettre directement en pratique, dans un projet cohérent, de nouvelles exigences issues du programme pédagogique.»

>> Suite enquête p. 13

Comment ModuLoop sera-t-il utilisé à l'avenir et quels en seront les bénéfices ?

«À l'avenir, le projet sera organisé comme une véritable commande client. Les apprentis suivront alors toutes les étapes du processus, de la planification à la fabrication, puis au montage. Cela permettra d'enseigner de manière concrète des compétences essentielles telles que la transformation du bois, l'efficacité énergétique, l'utilisation des machines et la lecture de plans. En même temps, les apprentis apprendront à organiser collectivement des projets de plus grande envergure, à travailler avec rigueur et à gérer les matériaux de manière responsable.»

Où voyez-vous des défis?

«Principalement dans la phase de préparation. Les processus de planification numérique doivent être davantage intégrés et les bases théoriques enseignées de manière plus approfondie. Des formations spécifiques, par exemple à l'utilisation du logiciel SEMA, pourraient y contribuer.»

En quoi cela diffère-t-il de la formation actuelle ?

«Jusqu'à présent, les apprentis travaillent principalement sur des projets individuels de petite envergure. Les projets collectifs plus importants, les processus de planification numérique et des thématiques telles que la construction circulaire occupent encore une place secondaire. C'est précisément dans ces domaines que ModuLoop offre un fort potentiel de développement.»

Retour des apprentis sur le montage de ModuLoop

Questionnaire d'évaluation

1. Comment évalues-tu le montage de ModuLoop dans le cadre de ta formation ?
2. Que savais-tu de ModuLoop avant le montage ?
   - Son fonctionnement ?
   - Ses dimensions ?
   - Son rôle dans le projet W.A.V.E. ?
3. As-tu pu réaliser toutes les étapes demandées lors du montage ?
4. Comment évalues-tu la collaboration avec les formateurs ?
5. Comment évalues-tu la collaboration avec les autres apprentis ?
6. Quels sont, selon toi, les avantages de ModuLoop en tant qu'outil d'apprentissage pratique pour la formation ?
7. Quels sont, selon toi, les inconvénients de ModuLoop ?
8. Quels problèmes ou difficultés as-tu rencontrés lors du montage ?
9. ModuLoop doit être développé davantage pour le centre de formation en 2026. Quels aspects te paraissent particulièrement importants pour cette évolution ?
10. Grâce à ta contribution, tu as participé à un projet transfrontalier visant à promouvoir la construction bois. As-tu d'autres suggestions sur ce que ModuLoop pourrait démontrer ou mettre en valeur dans le domaine de la construction bois ?

Réponses des apprentis : synthèse et évaluation

Les réponses recueillies montrent que les apprentis portent un regard nuancé sur le montage du ModuLoop. Ils considèrent généralement le concept comme pertinent et proche de la pratique professionnelle, tout en identifiant plusieurs défis importants dans sa mise en œuvre.

Une évaluation globale mitigée, mais un potentiel clairement reconnu

L'évaluation générale du montage du ModuLoop est contrastée. Si certains participants le jugent «très bon» ou «bon», la majorité adopte une position neutre («ni bon ni mauvais»). Une réponse se montre même clairement critique en qualifiant l'expérience de «mauvaise». Ces résultats indiquent que le concept suscite un intérêt réel et apparaît pertinent sur le plan pédagogique. Toutefois, sa mise en œuvre pratique n'a pas répondu de manière égale aux attentes de tous les participants.

Un niveau de connaissance initial limité

Avant le début du projet, de nombreux apprentis ne disposaient que de peu d'informations sur ModuLoop. Seule une partie d'entre eux avait une compréhension plus approfondie du concept, de son fonctionnement et de son intégration dans le projet W.A.V.E.
Cette situation explique en partie les incertitudes constatées pendant la phase de montage et souligne l'importance d'une présentation plus précoce et plus complète du projet.

Des difficultés dans la réalisation pratique

L'un des principaux enseignements de l'enquête est qu'une grande partie des apprentis n'a pas pu réaliser l'ensemble des opérations prévues.
Les difficultés mentionnées concernent principalement l'assemblage de la structure :

- certains éléments et assemblages ne s'ajustaient pas correctement ;
- le montage s'est parfois révélé complexe et sujet aux erreurs ;
- des imprécisions dans la préfabrication ont entraîné des retards et des frustrations.

Ces remarques reviennent dans plusieurs réponses et constituent le principal point de critique formulé par les participants.

Une collaboration très appréciée

À l'inverse, la qualité de la collaboration est évaluée de manière très positive.
La coopération avec les formateurs ainsi que le travail en équipe entre apprentis sont majoritairement jugés «bons» à «très bons».
Cela montre que le projet fonctionne bien comme activité collective et que sa dimension collaborative est perçue comme l'un de ses principaux atouts.

Les avantages perçus de ModuLoop

Malgré les difficultés rencontrées, les apprentis identifient plusieurs bénéfices importants :

- un apprentissage concret et proche des réalités du métier ;
- la possibilité d'expérimenter différentes étapes de construction, notamment l'isolation et le montage ;
- un potentiel intéressant pour promouvoir des méthodes de construction économes en ressources et mieux structurées.

Plusieurs participants soulignent ainsi que ModuLoop constitue un cadre pédagogique pertinent, même si certains aspects de sa mise en œuvre doivent encore être optimisés.

Points critiques et pistes d'amélioration

Les critiques formulées concernent essentiellement des aspects techniques et organisationnels :

- manque de précision dans l'ajustement des composants ;
- difficultés liées aux montages et démontages répétés ;
- préparation et coordination insuffisantes.

Les principales propositions d'amélioration portent donc sur :

- une plus grande précision lors de la préfabrication ;
- une meilleure organisation et une planification plus rigoureuse ;
- davantage de possibilités de travail collaboratif autour du module.

Perspectives et idées pour l'avenir

Certains apprentis considèrent également que ModuLoop pourrait devenir un outil pertinent pour mettre davantage en valeur les thématiques d'avenir dans le secteur de la construction, notamment les méthodes de construction simples et économiques et l'utilisation raisonnée des ressources.

Dans le même temps, de nombreuses réponses ne contiennent pas encore de propositions concrètes. Cela suggère que le concept doit continuer à être expliqué, illustré et expérimenté afin que les participants puissent pleinement en comprendre les possibilités et contribuer à son développement futur.

Conclusion

L'enquête montre clairement que ModuLoop est perçu par les apprentis comme un outil de formation intéressant et proche de la pratique. Son plein potentiel ne pourra toutefois être exploité qu'à travers une mise en œuvre technique répétée et une meilleure préparation en amont. L'expérience très positive de la collaboration ainsi que le fort ancrage pratique du projet constituent une base solide pour son développement futur.

Témoignages (citations originales de l'enquête)

> Cela offre davantage de possibilités comme support pour s'exercer, par exemple à l'isolation ou au bardage.

> Que tout le monde puisse travailler ensemble sur le même projet.

> Des maisons économiques et rapides à construire, comme les maisons-conteneurs.

> Veiller davantage à la précision et à l'ajustement de toutes les pièces.

> Cela montre à quel point la construction économe en ressources peut être simple.

Plan de montage et de démontage

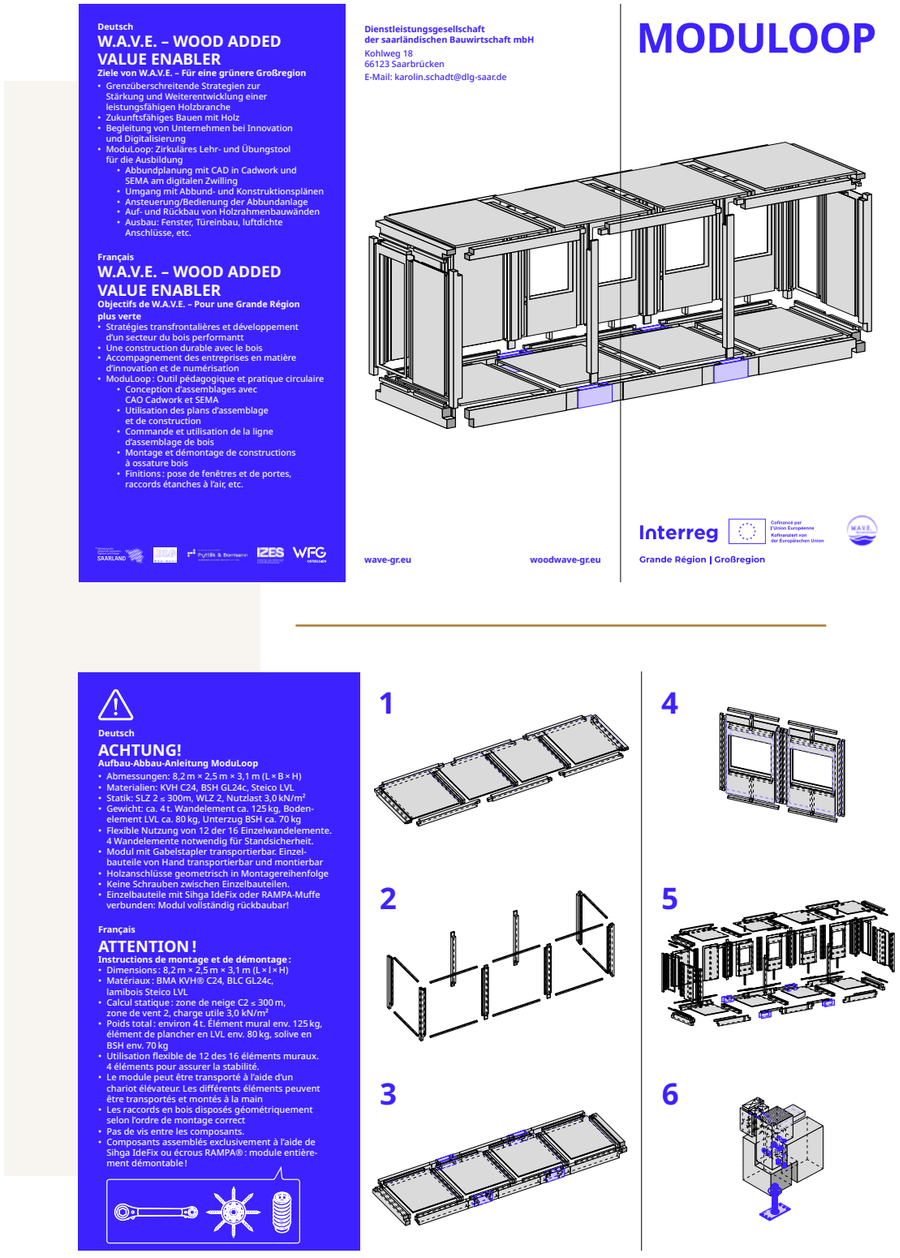


Fig. 6: Dépliant ModuLoop – plan de montage et de démontage

StudiZubi 2 du 18 août 2026

Retour sur le premier atelier StudiZubi de 2024

En octobre 2024, le premier atelier StudiZubi s'est tenu au centre de formation de l'AGV Bau Saar. Cet événement, qui a accueilli pour la première fois au sein de la Sarre l'exposition itinérante HOLZ.BAU. ARCHITEKTUR, s'adressait aux apprentis charpentiers de deuxième année ainsi qu'aux étudiants en génie civil de la htw saar.
L'objectif commun de cette rencontre était de favoriser les échanges entre le monde de l'artisanat et celui de l'enseignement supérieur dès la phase de formation. L'ambition était notamment de préparer la future collaboration sur les chantiers, de réduire les appréhensions mutuelles et d'améliorer la gestion des interfaces entre les différents acteurs du secteur de la construction.
Dans le cadre du module de travail 3, l'accent est mis sur des activités directement destinées aux entreprises du secteur de la construction ainsi qu'à la formation dans le domaine de la construction bois. Ces actions comprennent notamment l'accompagnement des processus d'innovation et de transformation numérique afin de permettre aux acteurs de la filière de s'adapter aux nouveaux défis, de renforcer leur résilience et d'accroître leur compétitivité.
L'atelier interdisciplinaire StudiZubi s'est révélé être une rencontre particulièrement enrichissante entre théorie et pratique. Grâce à une collaboration étroite au sein d'équipes composées d'apprentis et d'étudiants, les participants ont pu approfondir leurs connaissances techniques, développer leurs compétences en communication et bénéficier d'un apprentissage mutuel.
L'événement a ainsi contribué à renforcer le dialogue entre les différents groupes de participants tout en suscitant un intérêt accru pour les approches modernes de la construction bois.





Fig. 7: Apprentis et étudiants dans le laboratoire d'essais de la htw saar

StudiZubi2 à la htw saar 2026

Le 18 août 2026, la deuxième édition de StudiZubi2 a réuni neuf apprentis de l'entreprise Loës et douze étudiants de sixième semestre en génie civil dans le laboratoire d'essais du Prof. Markus Enders-Comberg à la htw saar.

Après un tour de présentation des participants et une brève introduction au projet W.A.V.E., Jonas Tossing, du bureau Pyttlik & Bormann, a présenté le concept de ModuLoop lors d'une conférence introductive.
Dans le cadre de cet atelier pratique, un nœud de connexion issu de la conception de cet outil pédagogique et d'entraînement entièrement démontable devait être analysé et testé.

À la suite des consignes de sécurité dispensées par le professeur Enders-Comberg, les participants ont commencé à fabriquer les prototypes d'essai au sein d'équipes mixtes composées de deux étudiants et d'un ou deux apprentis.

Les membres des équipes devaient s'accorder sur l'assemblage d'un nœud de connexion issu de la conception de ModuLoop. Ils étaient encadrés par les responsables de l'atelier : Prof. Markus Enders-Comberg, Jonas Tossing, le formateur Marc Jochum, Maximilian Loës (Loës Group) et Benedikt Hirsch (IZES gGmbH).

Les matériaux nécessaires à la fabrication des prototypes ainsi que les systèmes d'assemblage ont été fournis et préparés par la Faculté d'architecture et de génie civil de la htw saar et par le Loës Group.

L'atelier a notamment utilisé des connecteurs Idefix, choisis pour garantir la démontabilité du module. Ceux-ci devaient être intégrés dans des éléments préfabriqués en bois d'épicéa. À titre comparatif, plusieurs prototypes ont également été assemblées au moyen de vis standard du commerce. Une autre équipe a réalisé un prototype en BauBuche afin de comparer son comportement à celui des prototypes en bois d'épicéa.

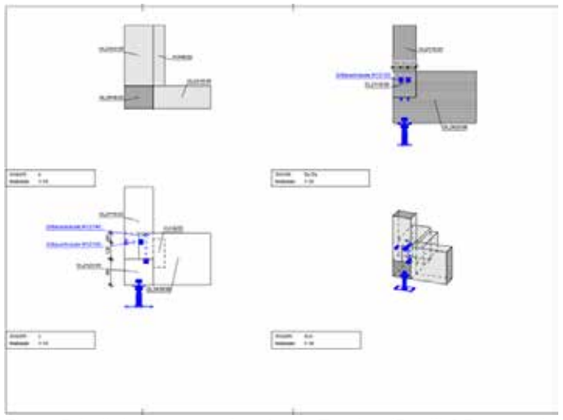


Fig. 8: Détail de la conception, Jonas Tossing (Pyttlik&Bormann)

Les défis rencontrés étaient nombreux. La réalisation pratique a permis aux participants de prendre conscience du travail nécessaire à la fabrication d'un seul assemblage et des difficultés susceptibles de survenir lors du perçage ou de la mise en place des connecteurs. Cette expérience ne peut être acquise qu'au travers d'une activité pratique concrète.
Afin de préparer les essais de charge, les étudiants avaient déjà effectué en amont les calculs relatifs au nœud de connexion ainsi qu'aux différents types d'assemblages étudiés.

Tous les prototypes d'essais réalisés par les équipes ont été testés sous charge à l'aide d'une machine d'essai manuelle. Les résultats des essais ont été très variables selon le type de moyen d'assemblage utilisé, le bois employé et le soin apporté à la fabrication des prototypes. Dans le cadre de leur préparation, les étudiants avaient déjà effectué des calculs et des estimations concernant les résultats attendus.

Les résultats des essais vont être intégré dans la documentation finale du projet W.A.V.E., accompagnés des calculs préparatoires réalisés par les étudiants. Dans le cadre de StudiZubi2, il a ainsi été possible de tester à l'échelle du laboratoire et d'accompagner scientifiquement la mise en œuvre de nouvelles solutions dans la construction bois (prestation du lot de travail 3.9).

Résultats des essais

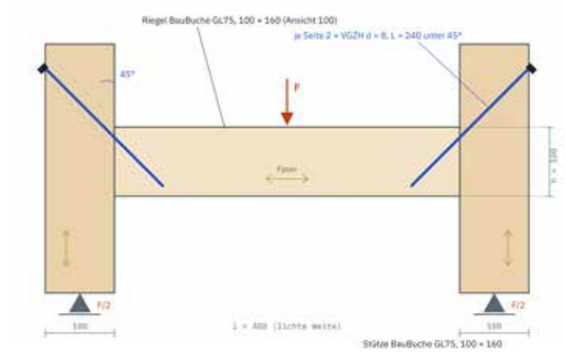


Fig. 9: Vue latérale du prototype d'essai (dimensions en mm, schématique)



Fig. 10: Prototype d'essai après atteinte de la capacité portante Photo: Schwaiger/Rotter (htw saar)

Un retour direct a pu être recueilli lors du repas de clôture à la cafétéria de la htw : les participants et les organisateurs affichaient tous des visages satisfaits.
L'évaluation de l'enquête de satisfaction numérique réalisée par la suite met particulièrement en évidence le fait que le respect des étudiants pour l'artisanat et le travail pratique s'est accru.
Les échanges entre théorie et pratique, auxquels ils seront vraisemblablement confrontés au cours de leur future vie professionnelle, ont été jugés intéressants par les deux groupes.
Ils ont pu partager des informations et des expériences issues de leurs domaines respectifs afin de développer un travail commun.
Les animateurs de l'atelier souhaitent la poursuite de ces échanges à caractère pratique pour la formation dans l'artisanat et dans l'enseignement supérieur.
Avec StudiZubi2, une nouvelle dynamique de rencontre a été initiée, offrant une plateforme d'innovation prometteuse pour décloisonner la formation professionnelle et l'enseignement supérieur.

Reportage diffusé sur la chaîne SR Fernsehen. Rapport actuel (à partir de la minute 22:25) >>

Éléments de contexte

Construction démontable sans destruction

Une construction démontable sans destruction est conçue de manière à pouvoir être démontée en fin d'utilisation sans endommager ses principaux composants. Les assemblages sont planifiés et réalisés de façon à pouvoir être désolidarisés, permettant ainsi la réutilisation des différents éléments.

Dans la construction bois, ce principe revêt une importance particulière pour les bâtiments conçus selon les principes de l'économie circulaire. Des systèmes de fixation mécaniques, tels que les vis ou des connecteurs spécifiques, permettent un démontage ciblé sans qu'il soit nécessaire de découper, casser ou rendre inutilisables les composants.

Caractéristiques: assemblages démontables; démontage avec peu ou pas de dommages; réutilisation des composants; séparation sélective des matériaux; faibles pertes de matière; préservation des ressources; compatibilité avec l'économie circulaire.

SIHGA IdeFix

Le SIHGA IdeFix est un connecteur spécialement conçu pour les assemblages structurels performants dans la construction bois, notamment pour les aboutages en bois de bout et les nœuds de structure.
Il est inséré dans un perçage préalablement réalisé puis ancré dans le bois à l'aide de vis disposées en biais. Cette configuration permet de transmettre efficacement les efforts de traction et les charges transversales.
Dans le cadre des constructions démontables, l'IdeFix présente un intérêt particulier, car il crée un assemblage mécanique pouvant être démonté si nécessaire.
Lors de l'atelier, ce connecteur a été utilisé afin de tester concrètement la démontabilité d'un nœud structurel du projet ModuLoop et d'évaluer sa résistance par rapport à des assemblages vissés plus conventionnels.

Caractéristiques: capacité de charge élevée; possibilité d'intégration discrète ou invisible; possibilité de resserrage; démontable; faible affaiblissement du bois; adapté aux assemblages bois précis et réversibles.

Nœud structurel

Dans la construction bois, un nœud structurel désigne le point de jonction où plusieurs éléments tels que poteaux, poutres, contreventements ou panneaux sont assemblés.
Sa fonction est d'assurer la transmission sûre des efforts entre les différents éléments et de garantir la stabilité globale de la structure.

Dans les constructions démontables, le nœud structurel joue un rôle particulièrement important. Il doit non seulement être résistant, mais aussi démontable, réutilisable et facile à assembler avec précision.
Lors de l'atelier, un nœud issu de la conception ModuLoop a été réalisé puis soumis à des essais afin d'évaluer sa résistance mécanique.

Caractéristiques: transmission efficace des charges; capacité portante élevée; fabrication de précision; facilité de montage; démontabilité; adapté aux systèmes constructifs réutilisables.

BauBuche

La BauBuche est un matériau en lamibois haute performance, constitué de fines feuilles de placage de hêtre encollées et pressées.
Grâce à sa grande résistance mécanique et à sa rigidité élevée, elle est particulièrement adaptée aux éléments porteurs, aux sections minces et aux structures soumises à des charges importantes.

Comparée aux résineux couramment utilisés, tels que l'épicéa, la BauBuche peut atteindre des capacités portantes nettement supérieures à dimensions équivalentes.
Dans le cadre de l'atelier, un prototype d'essai supplémentaire en BauBuche a été réalisé afin de comparer directement son comportement à celui des prototypes en bois d'épicéa.

Caractéristiques: résistance mécanique élevée; densité importante; excellente stabilité dimensionnelle; possibilité de réaliser des éléments élancés; aspect esthétique valorisant du bois feuillu.

IV. BONNES PRATIQUES ET RECOMMANDATIONS POUR LA FORMATION

Le bois, un catalyseur: de la structure expérimentale au module pédagogique

La structure expérimentale ModuLoop a démontré comment les exigences actuelles de la construction bois peuvent être intégrées de manière concrète dans la formation. Le projet ModuLoop associe la planification numérique, la préfabrication, le montage, le démontage ainsi que l'économie circulaire au sein d'une même démarche pédagogique.
Il permet non seulement de transmettre des compétences techniques et artisanales, mais aussi de renforcer le travail en équipe, les capacités de résolution de problèmes et la compréhension des modes de construction circulaires et durables.
Les expériences tirées du montage, des enquêtes réalisées auprès des participants ainsi que de l'atelier StudiZubi2 montrent clairement que les projets réels présentent une forte valeur pédagogique pour les apprentis et les étudiants.

1 Intégrer durablement ModuLoop dans la formation

- Réalisation régulière de cycles de montage et de démontage
- Intégration dans les champs d'apprentissage du nouveau référentiel de formation
- Transmission des compétences en préfabrication, numérisation et démontabilité

2 Apprentissage tout au long d'un processus de construction complet

- Planification numérique jusqu'à la taille CNC des éléments
- Fabrication, montage et contrôle qualité
- Documentation et évaluation de l'ensemble du déroulement du projet

Conclusion ModuLoop

ModuLoop a démontré que la construction circulaire n'est pas une thématique abstraite tournée vers l'avenir, mais qu'elle peut d'ores et déjà être enseignée de manière concrète et proche de la pratique. En tant qu'outil pédagogique et support d'apprentissage, le projet crée un lien entre l'artisanat traditionnel et les exigences d'une construction bois moderne, appuyée par les technologies numériques.

La collaboration entre le centre de formation, l'université, le bureau d'études et les entreprises a également mis en évidence la valeur ajoutée que peut générer un apprentissage commun dépassant les frontières disciplinaires et institutionnelles. Les retours positifs concernant le travail en équipe ainsi que le vif intérêt suscité par des situations d'apprentissage proches de la réalité professionnelle confirment la pertinence de cette approche.

Recommandations

- Poursuivre le développement et l'utilisation de ModuLoop comme outil pédagogique et d'apprentissage
- Intégrer davantage les processus numériques de conception et de fabrication dans les programmes de formation
- Mettre en place des ateliers réguliers associant établissements d'enseignement supérieur et entreprises
- Réaliser de nouveaux essais et expérimentations sur des matériaux et des systèmes d'assemblage innovants
- Transférer les résultats du projet vers les offres de formation continue et de perfectionnement professionnel
- Utiliser ModuLoop comme démonstrateur de la construction bois circulaire lors de manifestations et rencontres professionnelles

Perspectives

Les bases créées dans le cadre du projet W.A.V.E. offrent la possibilité de poursuivre le développement de ModuLoop au-delà de la durée du projet. De futurs cycles de montage et de démontage, de nouvelles configurations de murs et de façades ainsi que des ateliers pratiques complémentaires pourraient faire évoluer le système vers une plateforme d'apprentissage durable pour la construction bois moderne.

Par ailleurs, ModuLoop se prête particulièrement bien au transfert de connaissances entre la formation professionnelle, l'enseignement supérieur et le secteur de la construction. Le projet ModuLoop pourra ainsi continuer à contribuer à la préparation des futurs professionnels aux exigences d'une construction numérique, économe en ressources et compatible avec les principes de l'économie circulaire.

V. INDEX MODULOOP | GLOSSAIRE

Atelier: Format d'apprentissage pratique favorisant les échanges, l'expérimentation et la coopération — p. 8, 18-23

BauBuche: Bois structurel haute performance à base de placages de hêtre collés — p. 19, 21

Calcul statique: Justification de la capacité portante, de l'aptitude, au service et de la stabilité d'un ouvrage — p. 4, 17

Centre de formation: Centre de formation de l'AGV Bau Saar — p. 3, 6, 8-14

Construction circulaire: Mode de construction privilégiant la réutilisation des matériaux et la préservation des ressources — p. 3, 14, 23

Coopération: Partenaires en W.A.V.E. — p. 3, 8, 12, 14-16, 18, 23

Démontabilité: Possibilité de démonter un ouvrage sans destruction et de réutiliser ses composants — p. 6, 19, 21, 22

Douille RAMPA: Insert fileté pour assemblages démontables dans la construction bois — p. 4, 5, 17

Éléments de paroi individuels: Éléments de paroi préfabriqués destinés à l'assemblage de modules en bois — p. 4, 17

Laboratoire d'essais: Installation dédiée à l'essai et à l'évaluation des composants de construction — p. 18, 19

Le bois, un catalyseur: Manifestation consacrée aux résultats de la première phase du projet et à la présentation de la structure expérimentale — p. 8, 9, 22

Matériaux: Matériaux et produits dérivés du bois utilisés pour la construction et la fabrication — p. 4-8, 12, 14, 17, 19, 21, 23

Module: Unité spatiale transportable destinée aux modes de construction sériels — p. 3, 4, 5, 7, 15, 17

Outil pédagogique: Outil pratique de transmission des connaissances en construction bois — p. 3, 5, 6, 7, 10, 17, 23

Plan de montage et de démontage: Visualisation des étapes de montage et de démontage — p. 17

Planification numérique: Planification de la préfabrication d'éléments en bois sur mesure — p. 14, 22

Préfabrication: Fabrication en atelier d'éléments et de modules prêts à être assemblés — p. 3, 6, 8, 13, 15, 22

Prototype d'essai: Élément d'essai destiné à comparer les matériaux et les systèmes d'assemblage — p. 19-21

Référentiel de formation: Objectifs pédagogiques et contenus de formation dans le métier de charpentier — p.7, 11, 22

Retour d'expérience: Les apprentis et les étudiants évaluent leurs expériences, les processus et les résultats — p. 14, 20

Séquence de montage: Ordre prédéfini des opérations lors de l'assemblage du module — p. 4, 17

Sihga IdeFix: Système d'assemblage démontable pour les constructions bois réversibles — p. 4, 5, 17, 19, 21

Structure expérimentale: Prototype de module en bois destiné à la formation et à l'expérimentation — p. 3, 6, 8, 10, 13, 22

StudiZubi2: Format d'atelier interdisciplinaire destiné aux apprentis et aux étudiants — p. 8-20, 22

Transfert de connaissances: Échange transfrontalier de savoirs entre la recherche et la pratique — S. 9, 23

W.A.V.E.: Wood Added Value Enabler — p. 3, 5, 6, 8-10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 23

Mentions légales

Publication réalisée dans le cadre du projet Interreg Grande Région
W.A.V.E. – Wood Added Value Enabler INTGR0100040 par la
Dienstleistungsgesellschaft der saarländischen Bauwirtschaft mbH
Kohlweg 18, 66123 Sarrebruck

Éditeur: RA Christian Ullrich, directeur général

Coordination et rédaction:
Verena Ayere, Justine Coucharière, Valérie Jakoby, Karolin Schadt

avec la collaboration de: IZES gGmbH,
Agence de développement économique de la Communauté germanophone de Belgique (WFG Ostbelgien),
CAP Construction

Crédits photographiques et rédactionnels:
Centre de formation du AGV Bau Saar:
Sandra Kranzdorf, Maik Schwinn
Dienstleistungsgesellschaft der saarländischen Bauwirtschaft mbH:
Verena Ayere, Karolin Schadt
htw saar: Schwaiger/Rotter, Prof. Dr.-Ing. Markus Enders-Comberg
IZES gGmbH: Benedikt Hirsch
MM, M: Martha Bayer
MWIDE: Corinna Schneider
Pyttlik&Bormann: Jonas Tossing

Conception graphique: grafoka - Grafikdesign & Fotografie by Katja Paulis

Certains passages du texte ont été rédigés avec l'assistance de l'intelligence artificielle.


Interreg
Cofinancé par
l'Union Européenne
Kofinanziert von
der Europäischen Union
Grande Région | Großregion


W.A.V.E.


Ministerium für
Wirtschaft, Innovation,
Digitales und Energie
SAARLAND


Ausbildungszentrum
AGV
Bau Saar


IZES
Institut für ZukunftsEnergie-
und Stoffstromsysteme


WFG
OSTBELGIEN


DLG
Bau Saar


INGENIEURBÜRO
Pyttlik &
Bormann


htw saar
Hochschule für
Technik und Wirtschaft
des Saarlandes
University of
Applied Sciences


LOËS