



10 ANS DE RAYONNEMENT
RAPPORT ANNUEL 2024

Sommaire

Impressum

Concept et rédaction

Martin Gonzenbach
Daniel Gonzalez

Avec la contribution de

Marilyne Andersen
Corentin Fivet
Dolaana Khovalyg
Dusan Licina
Andrew Sonta
Sergi Aguacil
Justine Roman
Sebastian Duque
Jean-Philippe Bacher
Violaine Coard
Patrick Favre-Perrod
Sérena Vanbutsele
Fabienne Favre Boivin
Hans-Georg Fill
Sofia Martin Caba
Denis Lalanne
Martin Beyeler
Bernard Ries

Relecture

Martin Gonzenbach
Daniel Gonzalez
Violaine Coard
Sofia Martin Caba
Véronica Cubarle
Barbara Smith

Traductions

Transit TXT

Graphisme

Agence MiNT

Images

Nicolas Brodard
Agnès Collaud
Thomas Delley
Sebastian Duque
Murielle Gerber
Alain Herzog
Simon Pracchinetti
Justine Roman
Alejandro Santa Cruz Paz
STEMUTZ
Julien Ston
Artur Tumasjan
Sonia Villegas

Impression

Repro - Centre d'impression EPFL
Imprimerie climatiquement neutre certifiée myclimate
© Smart Living Lab, 2025

www.smartlivinglab.ch

4 Éditorial

5 Bilan de Marilyne Andersen

6 Comité de pilotage conjoint

7 Comité directeur

8 Commission scientifique

9 Centre de recherche dédié au futur de l'environnement bâti

10 Groupes de recherche

12 Rétrospective 2014-2024

14 Groupe Building2050 | BUILD | EPFL

16 Un bâtiment en avance sur son temps

18 Premières étapes du chantier du bâtiment du Smart Living Lab

20 Collaboration avec JPF: interview de Daniel Kolly

21 Partenariat avec Bluefactory: interview de Philippe Jemmely

22 Événements

26 Dix histoires à succès du Smart Living Lab

32 EPFL - Une institution de classe mondiale qui fait rayonner Fribourg à l'international

34 HEIA-FR - L'excellence en ingénierie et architecture depuis 1896

36 Unifr - Interdisciplinarité et innovation

38 Célébration des 10 ans du Smart Living Lab

40 Institut d'architecture: patrimoine, construction et usages | TRANSFORM | HEIA-FR

42 Institut de recherche appliquée en systèmes énergétiques | ENERGY | HEIA-FR

44 Laboratoire d'exploration structurale | SXL | EPFL

46 Institut pour le droit suisse et international de la construction | LAW | Unifr

48 Institut Human-IST | Unifr

50 Laboratoire de l'environnement construit orienté sur l'humain | HOBEL | EPFL

52 Laboratoire d'ingénierie du confort intégré | ICE | EPFL

54 Institut des technologies de l'environnement construit | iTEC | HEIA-FR

56 Ingénierie civile et technologie pour la durabilité orientée sur l'humain | ETHOS | EPFL

58 Groupe Numérisation et systèmes d'information | DIGITS | Unifr

60 Groupe Aide à la décision & recherche opérationnelle | DS&OR | Unifr

62 Chiffres clés

Éditorial

2024: Dix ans de rayonnement jusqu'à la construction du bâtiment

Dix ans depuis la fondation du Smart Living Lab : ce jubilé a été célébré en 2024. Une vision pionnière pour la construction durable, un partenariat inédit pour la recherche scientifique interdisciplinaire, la volonté de transformer un site industriel en quartier d'innovation intégrant un campus de pointe, l'implantation de l'EPFL à Fribourg, l'ambition partagée de construire un bâtiment démonstrateur unique en son genre. Telles étaient les impulsions au départ de ce grand projet, porté par l'État de Fribourg, l'EPFL, la Haute école d'ingénierie et d'architecture et l'Université de Fribourg.

Le présent rapport d'activité comprend le rapport annuel 2024 en y intégrant une rétrospective sur cette première décennie. Les principaux jalons du développement et les accomplissements majeurs réalisés conjointement par les membres des trois institutions académiques y sont exposés, ainsi que les travaux de chacun des laboratoires et instituts qui n'auraient pas vu le jour sans le Smart Living Lab.

Le bâtiment du Smart Living Lab constitue le projet phare qui permettra de mener des recherches expérimentales en conditions réelles à l'échelle d'un immeuble entier et avec ses occupantes et occupants. La conception de ce bâtiment à faible empreinte carbone unique en son genre a fait l'objet de nombreuses recherches, dont une synthèse est donnée dans ce rapport. Le chemin allant du concept jusqu'au début de la construction a été complété en 2024, de telle sorte que le chantier a pu démarrer en 2025 et que le bâtiment soit finalisé en 2027. Jusque-là, les activités de recherche sont installées dans des infrastructures provisoires de Bluefactory.

2024 marque aussi un important passage de témoin à la direction du Smart Living Lab. Corentin Fivet est architecte et ingénieur d'origine belge. Il est arrivé du MIT de Boston à EPFL Fribourg en 2016 et nommé professeur assistant tenure track dans l'institut d'architecture. Il est l'un des premiers professeurs engagés par l'EPFL pour ce nouveau campus. En 2023 il est promu professeur associé, et le 1er avril 2024 il prend la direction académique du Smart Living Lab. La professeure Marilyne Andersen qui a exercé cette fonction depuis la fondation a été chaleureusement remerciée lors de la célébration des 10 ans. Le Smart Living Lab continuera de se développer suivant l'élan scientifique et humain que Marilyne Andersen lui a insufflé, afin de contribuer à répondre par la science aux plus importants défis auxquels fait face l'humanité, en Suisse et dans le monde : offrir un environnement bâti de qualité pour tous en respectant les limites planétaires.



© Thomas Delley

Martin Gonzenbach

Directeur opérationnel du Smart Living Lab et du campus EPFL Fribourg

Bilan de Marilyne Andersen

Une décennie d'innovation : célébration des dix premières années du Smart Living Lab

Il y a un peu plus de dix ans, en mars 2014, le Smart Living Lab (SLL) a été officiellement lancé avec la promesse de devenir un pôle de recherche et d'innovation pour l'avenir durable de l'environnement bâti. Associant les expertises scientifiques et les cultures complémentaires de l'EPFL, de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) et de l'Université de Fribourg (Unifr), sa vision est, depuis lors, de repenser la manière dont nous vivons, travaillons et interagissons avec notre environnement, en donnant la priorité à l'efficacité énergétique, à la transformation numérique et au bien-être humain. En tant que doyenne de la Faculté d'architecture, d'ingénierie civile et environnementale (ENAC) de l'EPFL de 2013 à 2018, puis en tant que directrice académique du Smart Living Lab jusqu'en 2024, j'ai eu le privilège d'être le fer de lance du développement de cette entreprise collaborative tout à fait unique. C'est le Prof. Corentin Fivet qui a pris la direction du SLL début 2024, marquant une nouvelle étape dans notre histoire.

Situé à Bluefactory Fribourg, un quartier d'innovation renaissant de la brasserie Cardinal chère à tous les habitants de la région, le projet SLL avait la particularité d'être voué à occuper un bâtiment expérimental en avance sur son temps, en termes de normes de durabilité, et apte à fonctionner comme un véritable laboratoire. L'intelligence de sa conception ne devait pas seulement résider dans des percées technologiques ou des contrôles sophistiqués, mais dans une interprétation holistique de la manière de vivre et de travailler de manière durable.

L'impulsion initiale du SLL était double : en faire un centre de recherche répondant aux plus hauts standards d'excellence académique et lui insuffler l'ADN de la transdisciplinarité. En plus des quatre nouveaux et brillants professeurs de l'EPFL engagés entre 2016 et 2018 à Fribourg, un groupe spécialisé baptisé « Building 2050 » a été créé avec la mission de collaborer auprès de tous les chercheurs du Smart Living Lab, afin de développer conjointement les bases scientifiques d'un cahier des charges de pointe pour le bâtiment expérimental, avec des ambitions dépassant les meilleures pratiques.

En vue de créer une dynamique commune, j'ai initié et dirigé un projet de collaboration entre les trois institutions SLL, dont les étudiant·es allaient former l'équipe suisse et participer à la compétition américaine « Solar Decathlon de 2017 ». Ensemble, l'équipe a conçu et construit le « NeighborHub », une maison solaire non seulement autonome sur le plan énergétique, mais aussi orientée vers la collectivité. Dotée d'innovations telles que des panneaux solaires intégrés à la façade, un système de recyclage de l'eau et une gestion intelligente de l'énergie, le NeighborHub a triomphé avec 8 podiums sur 10 et s'est classée première au classement général. Aujourd'hui, cette structure trône fièrement à la Bluefactory, servant de centre d'échange de connaissances et de formation inspirant les communautés locales à s'engager dans des pratiques respectueuses de l'environnement.



© Thomas Delley

Marilyne Andersen

Directrice académique du Smart Living Lab (2014-2024)

Sur la base des résultats d'un programme de recherche de cinq ans coordonné par le groupe Building 2050, un concours de conception atypique a été lancé en 2018, sous la forme d'un appel à projets collaboratif invitant des équipes pluridisciplinaires à réinventer la construction durable et à s'inspirer mutuellement des progrès réalisés lors d'échanges intermédiaires. Au cours de ce processus, l'accent a été mis sur la minimisation de l'empreinte carbone au début du cycle de vie ainsi que sur les espaces adaptatifs, ce qui a permis d'aboutir à quatre propositions d'avant-garde. Le projet gagnant, dont l'achèvement est prévu en 2027, accueillera des laboratoires de pointe qui appliqueront les principes de durabilité dans des domaines distincts et complémentaires.

Autre réalisation clé : le lancement et le développement du projet SWICE (2022-2029). Financé par le programme SWEET de l'Office fédéral de l'énergie, il réunit dix institutions académiques ainsi qu'une trentaine de partenaires des secteurs public et privé à travers toute la Suisse. Tous les membres de ce grand consortium ont uni leurs forces pour examiner, grâce à des essais pilotes menés dans des « Living Lab », comment les modes de vie et les habitudes de travail peuvent évoluer vers des comportements plus efficaces sur le plan énergétique, tout en s'assurant que ces changements soient acceptés, voire activement adoptés, par la population.

Le Smart Living Lab n'est pas seulement un centre de recherche, mais aussi un mouvement qui prouve qu'une innovation réfléchie peut créer des espaces de vie harmonieux et efficaces. Aux dix prochaines années, pour transformer les rêves en réalité !

Comité de pilotage conjoint

Composition en 2024

État de Fribourg

**Olivier Curty**

Conseiller d'État,
Direction de l'économie, de l'emploi
et de la formation professionnelle
Co-président du comité
de pilotage conjoint

**Sylvie Bonvin-Sansonrens**

Conseillère d'État,
Direction de la formation
et des affaires culturelles

**Jerry Krattiger**

Directeur de la Promotion économique
du canton de Fribourg (PromFR)

Comité directeur

EPFL

**Marilyne Andersen**

Directrice académique
du Smart Living Lab
Co-présidence du comité directeur
jusqu'au 1^{er} avril 2024

**Corentin Fivet**

Directeur du Laboratoire
d'exploration structurale (SXL)
Directeur académique
du Smart Living Lab
Co-présidence du comité directeur
dès le 1^{er} avril 2024

**Dusan Licina**

Directeur du Laboratoire
de l'environnement construit
orienté sur l'humain (HOBEL)

**Martin Gonzenbach**

Directeur opérationnel
EPFL Fribourg et Smart Living Lab
Co-présidence du comité directeur

EPFL

**Matthias Gäumann**

Vice-président pour les opérations,
Co-président du comité
de pilotage conjoint

**Jan Hesthaven**

Vice-président
académique

**Ursula Oesterle**

Vice-présidente
pour l'innovation

**Katrin Beyer**

Doyenne de la Faculté
de l'environnement naturel,
architectural et construit (ENAC)

HEIA-FR

**Jean-Philippe Bacher**

Responsable Smart Living Lab
pour la HEIA-FR

**Hans-Georg Fill**

Directeur du groupe Numérisation
et systèmes d'information (DIGITS)
Responsable Smart Living Lab pour l'Unifr

HEIA-FR

**Jean-Nicolas Aebsicher**

Directeur

Unifr

**Katharina Fromm**

Rectrice

État de Fribourg

**Jerry Krattiger**

Directeur de la Promotion économique
du canton de Fribourg (PromFR)

Commission scientifique

EPFL

**Marilyne Andersen**

Directrice académique du Smart Living Lab
Présidence de la Commission scientifique
jusqu'au 1^{er} avril 2024

**Corentin Fivet**

Directeur du Laboratoire
d'exploration structurelle (SXL)
Directeur académique du Smart Living Lab
Présidence de la Commission scientifique
dès le 1^{er} avril 2024

**Dusan Licina**

Directeur du Laboratoire
de l'environnement construit
orienté sur l'humain (HOBEL)

**Dolaana Khovalyg**

Directrice du Laboratoire
d'ingénierie du confort intégré (ICE)

**Andrew Sonta**

Directeur du Laboratoire d'ingénierie civile
et technologie pour la durabilité
orientée sur l'humain (ETHOS)

**Sergi Aguacil**

Responsable du Groupe
Building2050 (BUILD)

HEIA-FR


Jean-Philippe Bacher
Responsable Smart Living Lab
pour la HEIA-FR

Patrick Favre-Perrod
Responsable de l'Institut
ENERGY

Séraphine Vanbutsele
Responsable de l'Institut
TRANSFORM

Fabienne Favre Boivin
Responsable de l'Institut
iTEC

Unifr


Hans-Georg Fill
Directeur du groupe Numérisation
et systèmes d'information (DIGITS)
Responsable Smart Living Lab pour l'Unifr

Denis Lalanne
Directeur de l'Institut
Human-IST

Martin Beyeler
Professeur, Institut pour le droit
suisse et international de la
construction (LAW)

Bernard Ries
Directeur du groupe
Decision Support &
Operations Research (DS&OR)

Smart Living Lab

Centre de recherche dédié au futur de l'environnement bâti

Le Smart Living Lab est un projet commun du Canton de Fribourg, de l'EPFL, de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg et de l'Université de Fribourg. Chacun des partenaires académiques y participe avec ses propres moyens et reçoit un soutien financier spécifique de la part du Canton.

En outre, le Canton de Fribourg met à disposition les locaux situés à Bluefactory et finance la construction du bâtiment du Smart Living Lab. Le Smart Living Lab dispose d'un budget annuel pour la communication et les événements, alimenté par les quatre partenaires. La conduite stratégique du Smart Living Lab est assurée par un Comité de pilotage conjoint aux institutions partenaires. Quant à la mise en oeuvre, elle est l'affaire du Comité directeur. La Commission scientifique réunit les responsables académiques des groupes de recherche du Smart Living Lab. Les équipes administratives et techniques du Smart Living Lab réalisent au quotidien les tâches de fonctionnement du centre de recherche.

Domaines de recherche



Bien-être et comportements

Améliorer la santé et le confort humain en optimisant la qualité de l'environnement intérieur et en influençant positivement les comportements.



Technologies de la construction

Évaluer l'efficacité de l'utilisation des ressources et accélérer les processus de changement dans la construction.



Systèmes énergétiques

Développer des technologies et des systèmes intelligents à haut rendement énergétique, améliorer leur gestion et prévoir les impacts juridiques et économiques.



Interactions et processus de conception

Comprendre et structurer le dialogue entre les parties prenantes du cycle de vie du bâtiment afin de développer les outils pour concevoir, modéliser et exploiter les bâtiments.



Groupes de recherche



CONFORT PERSONNALISÉ

Laboratoire d'ingénierie du confort intégré (ICE)

Prof. Dolaana Khovalyg



AIR INTÉRIEUR

Laboratoire de l'environnement construit orienté sur l'humain (HOBEL)

Prof. Dusan Licina



VILLE HUMAINE

Laboratoire d'ingénierie civile et technologie pour la durabilité orientée sur l'humain (ETHOS)

Prof. Andrew Sonta



RÉEMPLOI

Direction académique du Smart Living Lab
Laboratoire d'exploration structurale (SXL)

Prof. Corentin Fivet

EPFL



INTERDISCIPLINARITÉ

Groupe Building2050 (BUILD)

Dr. Sergi Aguacil



TRANSFORMATION

Institut d'architecture : patrimoine, construction et usages (TRANSFORM)

Prof. Sérena Vanbutsele



ÉNERGIE DURABLE

Institut de recherche appliquée en systèmes énergétiques (ENERGY)

Prof. Patrick Favre-Perrod



ENVIRONNEMENT BÂTI

Institut des Technologies de l'Environnement Construit (iTEC)

Prof. Fabienne Favre Boivin



NUMÉRISATION

Groupe numérisation et systèmes d'information (DIGITS)

Prof. Hans-Georg Fill

UNI FR

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG



RÈGLES

Institut pour le droit suisse et international de la construction (LAW)

Prof. Martin Beyeler



AIDE À LA DÉCISION

Groupe Decision Support and Operations Research (DS&OR)

Prof. Bernard Ries



INTERACTION

Institut d'interactions centrées sur l'humain – Sciences et Technologie (Human-IST)

Prof. Denis Lalanne

Rétrospective 2014-2024

2014

» Signature de la convention entre l'EPFL et l'Etat de Fribourg destinée à créer l'antenne EPFL Fribourg et le Smart Living Lab (SLL)



© Etat de Fribourg

» Lancement du programme de recherche « Building2050 » visant à fournir des pistes aux futures équipes de conception du bâtiment SLL pour atteindre les objectifs ambitieux en matière de durabilité

2015

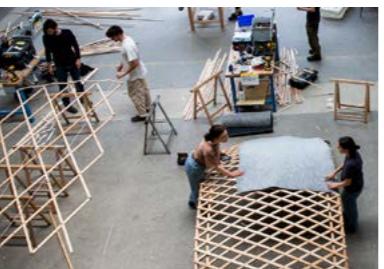
» Installation du Smart Living Lab sur le site de Bluefactory avec le programme de recherche « Building2050 » (dir. Thomas Jusselme) de l'EPFL, les instituts ENERGY (dir. Jean-Philippe Bacher) et TRANSFORM (dir. Florinel Radu) de la HEIA-FR, et les instituts iimt (dir. Stephanie Teufel), Human-IST (dir. Denis Lalanne) et LAW (dir. Jean-Baptiste Zufferey avec Martin Beyeler pour la partie SLL) de l'Unifr



© Alain Herzog - EPFL

2016

» Création de l'atelier PopUp en vue de la construction d'un prototype de maison solaire pour le concours Solar Decathlon. Il sert depuis d'espace pour la réalisation d'éléments de bâtiments, voire de bâtiments entiers dans le cadre de l'enseignement et de la recherche



© dr

» Entrée en fonction du professeur Paolo Tombesi, directeur du Laboratoire de construction et architecture (FAR) de l'EPFL

2018

» Entrée en fonction du professeur Dusan Licina, directeur du Laboratoire de l'environnement construit orienté sur l'humain (HOBEL) de l'EPFL

» Nouvelle mission du groupe Building2050, sous la direction de Sergi Aguacil Moreno

» Entrée en fonction de la professeure Dolaana Khovalyq, directrice du Laboratoire d'ingénierie du confort intégré (ICE) de l'EPFL

» Retour du Neighborhub sur le site de Bluefactory destiné à activer le quartier



© Stemutz

2017

» Entrée en fonction du professeur Corentin Fivet, directeur du Laboratoire d'exploration structurale (SXL) de l'EPFL

» Affiliation au SLL de l'Institut des technologies de l'environnement construit (ITEC) dirigé par le professeur Daia Zwicky

» Victoire d'une équipe regroupant 250 étudiant·es et 150 encadrant·es des trois institutions du Smart Living Lab et de la HEAD, au Solar Decathlon à Denver (USA) avec le NeighborHub



© Simon Pracchinetti

» Lancement du Big Building Data (BBData) visant à développer une plateforme cloud évolutive et des outils pour le stockage et le traitement des données du futur bâtiment du Smart Living Lab

2020

» Première édition du programme d'échange ARC-HEST entre le Smart Living Lab et des universités de Corée du Sud. Après le travail de terrain des étudiants suisses en Corée du Sud en août 2019, leurs homologues sud-coréens se rendent à Fribourg en février 2020



© dr

» Premier doctorat réalisé au SLL. 19 autres suivront jusqu'à fin 2024

» Première manifestation *Perspectives* au SLL destinée aux entreprises fribourgeoises

2021

» Nomination de la professeure Séréná Vanbutsele à la tête de l'institut TRANSFORM

» Création d'Aeternum, start-up développant un système constructif de dalles pour des bâtiments adaptables et réutilisables sur plusieurs cycles de vie en vertu des principes de l'économie circulaire grâce à des technologies développées au Smart Living Lab

» Le pavillon prototype DEMO-MI2 est installé sur plusieurs sites de la ville de Fribourg pour lutter contre les îlots de chaleur urbains



© dr

» Le SLL devient membre du réseau européen de living labs EnoLL

2022

» Entrée en fonction du professeur Andrew Sonta, directeur du Laboratoire d'ingénierie civile et technologie pour la durabilité orientée sur l'humain (ETHOS) de l'EPFL

» Nomination de Patrick Favre-Perrod à la tête de l'institut ENERGY

» Affiliation au SLL du groupe Digitalization and Information Systems (DIGITS) dirigé par le professeur Hans-Georg Fill

» Lancement du programme SWICE soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et coordonné par le SLL, dont l'objectif est d'identifier et quantifier le potentiel d'économies d'énergie et les possibilités d'amélioration de la qualité de vie qui peuvent découler de nouveaux modes de vie et de travail, des changements de comportement en matière de mobilité et différents modèles économiques



© Alain Herzog - EPFL

» Affiliation au SLL du groupe Decisions Support & Operations Research (DS&OR) dirigé par le professeur Bernard Ries

» Expositions *Vivre Plus Mieux et Habiter Demain* au Smart Living Lab

2023

» La conférence internationale CISBAT est organisée pour la première fois par le Smart Living Lab et accueille près de 400 personnes



© Stemutz

» Nomination de Fabienne Favre Boivin à la tête de l'institut iTEC

2024

» Passage de témoin entre Marilynne Andersen et Corentin Fivet pour la direction académique du SLL

» Construction du prototype de façade du pavillon STEP



© Alejandro Paz (EPFL PL-MTI)

» Première édition du MISTI Workshop avec le MIT Media Lab

Un bâtiment en avance sur son temps



© Behnisch Architekten

Le bâtiment du Smart Living Lab est bien plus qu'un bâtiment : c'est une infrastructure de recherche habitée d'environ 5000 m², conçue pour mener des études avancées sur le bien-être humain, le bioclimatisme et les défis écologiques et énergétiques liés à l'environnement bâti.

L'édifice, dont le chantier a débuté en 2025, est le fruit d'une collaboration entre chercheur-euses de l'EPFL, de la HEIA-FR et de l'Unifr, ainsi que de l'entreprise de construction, de l'architecte et des ingénieur-eures. Cette infrastructure unique – capable de s'adapter aux besoins futurs, afin de rester à la pointe de la technologie et d'accompagner l'innovation – offrira des espaces flexibles, entièrement équipés d'instruments de mesure (et prêts à en accueillir d'autres à l'avenir), de quoi évaluer l'impact d'expérimentations en conditions réelles. À travers son processus de conception et de réalisation, mené avec le concours de ses futur·es utilisateur·rices, le bâtiment constitue déjà une référence internationale en matière de recherche appliquée à l'échelle réelle, favorisant un transfert de connaissances vers le tissu économique du canton et au-delà.

Dès les premières phases, la conception du bâtiment SLL a été guidée par l'objectif de minimiser son empreinte carbone sur l'ensemble de son cycle de vie. La méthodologie proposée fixait des objectifs ambitieux, sans imposer de solutions pré-déterminées. Le bâtiment vise aujourd'hui les certifications Minergie-A-ECO et SNBS Or. À chaque étape, les décisions ont cherché à concilier innovation scientifique, efficacité énergétique et exemplarité écologique, tout en tenant compte des contraintes techniques et économiques :

- » **Empreinte carbone** : Minimisation des émissions de CO₂ notamment grâce à l'emploi de bois local et de béton bas carbone au ciment LC3, (développé par l'EPFL).
- » **Modularité** : Interchangeabilité et réutilisation aisée des matériaux.
- » **Flexibilité** : Adaptation des fonctionnalités, agencements ou configurations pour répondre aux besoins évolutifs.
- » **Circularité** : Éléments préfabriqués en bois facilitant le démontage et le réemploi en fin de vie du bâtiment.
- » **Conception bioclimatique** : Des jardins d'hiver et un atrium central favorisent, selon les saisons, la ventilation naturelle et la gestion passive du confort.
- » **Énergie** : Recours au réseau de chaleur à distance et à l'anergie du quartier, alimentés par la géothermie ; et production électrique via des champs photovoltaïques intégrés à l'enveloppe thermique.
- » **Toiture végétalisée et solaire** : Evapotranspiration des plantes améliorant la performance photovoltaïque, et alternance d'ombre/soleil favorable à la biodiversité.
- » **Gestion de l'eau** : Intégration dans le concept Sponge-city du quartier pour une gestion locale des eaux (de pluie et de ruissellement). Valorisation des urines en engrains, traitement des eaux brunes par vermicompostage et phytoépuration des eaux grises.

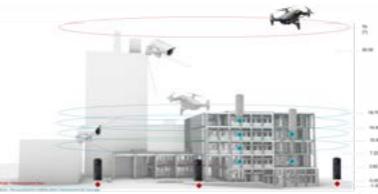
building.smartlivinglab.ch

Expérimenter et démontrer en faveur de la durabilité

Le développement du bâtiment, pensé comme un outil d'expérimentation à l'échelle 1:1, s'inscrit dans une démarche autour de plusieurs axes thématiques coordonnée par le groupe Building2050, dont voici les principaux.

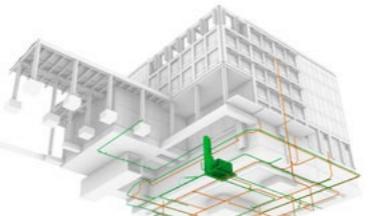
Une charte chantier unique au service de l'environnement et de la recherche

Le chantier du SLL conjugue exigences environnementales et recherche, avec un suivi en temps réel des consommations et des ressources, ainsi qu'une documentation numérique continue du processus de construction grâce à des images capturées à intervalles réguliers à l'aide de plusieurs techniques.



Radon: une stratégie intégrée et un suivi en continu

Pour gérer durablement le risque lié au radon, le projet intègre dès la conception des choix spécifiques concernant l'enveloppe, l'étanchéité et des mesures constructives, telles que le drainage du gaz et une membrane pare-radon. Un dispositif de monitoring inédit, avec des sondes de mesure placées à différents niveaux dans le terrain et l'enveloppe, permettra de suivre l'évolution du gaz et d'évaluer l'efficacité des solutions mises en œuvre, tout en nourrissant la recherche sur le radon et la qualité de l'air intérieur.



Une façade pensée pour être démontée

L'ensemble du bâtiment repose sur un module de façade, dont certaines unités sont entièrement démontables. Cette conception permet de tester, remplacer ou réutiliser des composants sans les endommager, facilitant ainsi les expérimentations sur l'enveloppe en conditions réelles.



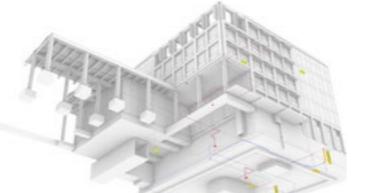
Jumeau numérique: numériser la construction et l'exploitation

La méthodologie BIM (Building Information Modeling) a été mise en œuvre dès la phase 51 du projet. L'objectif est de permettre aux utilisateur·rices de s'appuyer sur des modèles 3D à haut niveau de détail reflétant la réalité construite, afin de faciliter l'exploitation et le monitoring du bâtiment, ainsi que la recherche sur les pratiques numériques elles-mêmes.



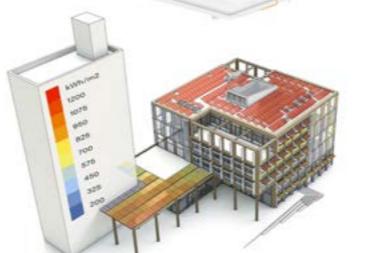
Un monitoring au service de la recherche

Le bâtiment est équipé d'un système de capteurs installés dès la construction pour suivre sa performance. Son infrastructure flexible permettra d'en ajouter ultérieurement, offrant la possibilité de réaliser des expérimentations en conditions réelles et d'alimenter la recherche appliquée.



Énergie solaire intégrée, stockage et autarcie

Le bâtiment intègre une production d'électricité propre en autoconsommation grâce à une installation photovoltaïque optimisée en fonction des besoins et du contexte, et harmonieusement intégrée à l'architecture. Celle-ci est couplée à un système de stockage qui évoluera vers une solution innovante de cogénération à base d'hydrogène. L'objectif est d'atteindre une autarcie électrique de 50 à 60%, tout en satisfaisant aux exigences du label Minergie-A.



2018
Préparation du Mandat d'Études Parallèles collaboratif sur la base des projets de recherche menés entre 2014 et 2018 par le groupe Building2050

2019
Mandat d'études parallèles collaboratif et désignation du lauréat

2020
Élaboration de l'avant-projet et du projet détaillé, intégrant les besoins académiques et les ambitions environnementales portées par le groupe Building2050

2021
Appel d'offres en entreprise totale (marché public) et adjudication à JPF Entreprise Générale SA

2022
Obtention du permis de construire

2023
Consolidation du projet avec les exigences réglementaires et intégration des optimisations apportées par le groupe Building2050

2024
Élaboration des plans d'exécution

2025
Démarrage du chantier

2026
Chantier en cours

2027
Finalisation des travaux et mise en service du bâtiment

Premières étapes du chantier du bâtiment du Smart Living Lab

Du terrassement à l'installation de capteurs, voici un aperçu chronologique des premières étapes du chantier du bâtiment du Smart Living Lab. Débutée en janvier 2025, cette première phase du chantier intègre des dispositifs de mesure au service de la recherche scientifique.

Janvier-Mai 2025

- » Terrassement
- » Pose des sondes géothermiques
- » Drainage de l'eau et du radon
- » Installation des sondes de mesure du radon et d'humidité dans le terrain naturel

Mai-Juillet 2025

- » Fondations
- » Ferraillage et coulage béton du radier du sous-sol
- » Installation des sondes de mesure du radon et des capteurs température dans l'isolant du radier

Juillet-Septembre 2025

- » Murs du sous-sol
- » Début des noyaux verticaux et pose des piliers en béton préfabriqués
- » Ferraillage et pose des installations électriques incorporées à la dalle du rez-de-chaussée

Septembre-Octobre 2025

- » Coulage du béton de la dalle du rez-de-chaussée
- » Installation des capteurs de température dans l'isolation des murs
- » Installation des sondes de mesure du radon et d'humidité autour du bâtiment
- » Remblayage et pose du drainage du radon en périphérie



Collaboration avec le Groupe JPF



«Construire un édifice aussi emblématique est une carte de visite.»

Daniel Kolly

Architecte et chef de projet JPF Entreprise Générale SA

Admettons-le, il faut du courage pour se lancer dans la construction d'un bâtiment aussi unique et complexe que celui du Smart Living Lab. L'entreprise générale JPF SA ne regrette aucunement d'avoir osé relever un tel pari. Entre deux séances de chantier avec l'équipe Building2050, Daniel Kolly, architecte formé à la HEIA-FR et chef de projet chez JPF pour le bâtiment SLL, se prête au jeu des questions. Il revient sur le choix du constructeur fribourgeois basé à Bulle d'entreprendre un chantier aussi novateur et complexe, les défis qu'il a fallu surmonter – les incertitudes liées à la pandémie de Covid-19 et la guerre en Ukraine notamment – et les bénéfices que représente ce partenariat.

Qu'est-ce qui a motivé JPF à postuler pour la construction du bâtiment SLL ?

Construire un édifice aussi emblématique est une carte de visite pour nous. Être associé à un bâtiment d'un tel niveau d'exigences nous permet de nous profiler sur le marché et démontrer notre savoir-faire. Il y avait aussi une opportunité de réaliser des économies d'échelle en mutualisant les ressources, comme nous étions également chargés de construire le bâtiment B (ndlr. achevé en 2024, il est le premier édifice nouvellement construit sur le site de Bluefactory juste à côté du futur bâtiment SLL). Mais avec un démarrage du chantier du SLL retardé de deux ans, en raison de la pandémie de Covid et la guerre en Ukraine entre autres, ces économies n'ont finalement pas pu se faire.

Le retard a-t-il engendré des problèmes ?

Au contraire, il a permis de comprendre davantage les besoins des utilisatrices et utilisateurs grâce à des séances thématiques avec les équipes du groupe Building2050 et de faire travailler en conséquence les entreprises que nous avions mandatées. Nous avons également profité de ce temps supplémentaire pour engager un Building information model (BIM) manager (ndlr. un spécialiste du jumeau numérique) et une ingénierie en environnement qui fait de l'accompagnement sur les questions de durabilité. Nous aurions été amenés à engager ces

personnes un jour ou l'autre, mais le chantier du Smart Living Lab a créé l'opportunité de le faire dès maintenant, plutôt que de bricoler dans l'intervalle. Cette excellente préparation nous permet aujourd'hui de respecter parfaitement le planning.

Une préparation nécessaire au vu de la complexité du chantier, n'est-ce pas ?

Comme il s'agit d'un bâtiment prototype, il ne fait aucun doute que c'est le chantier qui me met le plus au défi depuis mes débuts chez JPF il y a dix ans. Il faut discuter davantage des détails et trouver systématiquement des consensus entre les différentes parties prenantes: les chercheuses et chercheurs, le bureau d'architectes, l'ingénieur civil, les mandataires et les entreprises externes qui s'occupent du chauffage, de la ventilation ou encore de l'électricité. C'est la rencontre de mondes qui ne parlent pas tout à fait le même langage. Mais je tiens à souligner la qualité des échanges entre nous tous.

Un dialogue essentiel pour relever les nombreux défis que représentent la construction de l'édifice. Quels sont-ils exactement ?

D'un point de vue environnemental, nous devons gérer la quantité de matériel qui arrive sur le site et qui en repart, nous devons renseigner sur le nombre d'ouvriers, le type de machines, la consommation de carburant ou encore la quantité d'eau utilisée dans le cadre du suivi numérique du projet. Notre ingénierie en environnement pourra étudier les données issues de ce monitorage et proposer à terme des solutions ou des pistes d'amélioration pour de futurs chantiers.

Et vous avez aussi la délicate mission de gérer les nombreux éléments intégrés au bâtiment qui serviront à la recherche ?

Nous devons effectivement veiller à ce que les nombreux capteurs qui vont permettre de collecter des données ne soient pas endommagés par les interventions des ouvriers. Nous sommes conscients que la recherche constitue l'objectif premier de ce bâtiment et nous nous assurons qu'il soit atteint.

Partenariat avec Bluefactory



«Nous voulons un quartier dont la population soit fière.»

Philippe Jemmely

Directeur Bluefactory Fribourg-Freiburg SA

S'il en est un qui a vu évoluer le site au cours de ces dix dernières années, c'est bien Philippe Jemmely. Nommé en 2016 directeur de la société Bluefactory Fribourg-Freiburg SA (BFF), propriétaire du site éponyme chargée de son développement et de son exploitation, ce Fribourgeois et ingénieur EPFL en science et génie des matériaux ne tarit pas d'éloges sur le quartier d'innovation et tout particulièrement sur la présence des trois hautes écoles en son sein. Selon lui, le partenariat qui unit le site au Smart Living Lab est une chance unique pour le développement non seulement économique de la friche industrielle de la brasserie Cardinal, mais aussi pour la société fribourgeoise dans son ensemble.

Quel bilan tirez-vous des dix années passées depuis la naissance du Smart Living Lab sur le site de Bluefactory ?

Avec l'arrivée de l'EPFL à Fribourg en 2014, le quartier d'innovation s'est forgé une identité en lien avec l'habitat du futur. Cet écosystème a permis la création de sociétés, comme YORD ou Enoki, et d'en attirer d'autres comme Bcomp ou Climate Services. Celui-ci se renforce avec le Centre mondial pour la construction durable de l'EPFL (ndlr. créé en 2024, le CWSC déploie ses activités à la fois à Lausanne et Fribourg avec un réseau de partenaires à l'international) qui va s'installer sur le site de BFF. Cette thématique représente une incroyable force pour le canton avec ses 13'000 emplois dans le secteur de la construction. Face aux défis climatiques, l'assainissement du bâtiment prend de l'importance, de quoi placer BFF et ses acteur·rices à la pointe sur ces enjeux.

Quel est, selon vous, le symbole fort de ce partenariat entre le SLL et BFF ?

Sans aucun doute la synergie entre l'EPFL, la HEIA et l'Université de Fribourg avec toutes les collaborations qui se sont créées! Je pense par exemple à l'aventure du NeighborHub, les transferts de technologies avec des entreprises fribourgeoises ou les expériences sur le radon. Et puis, il y a le bâtiment emblématique du SLL évidemment qui concrétise toute cette connaissance et ces collaborations. Il donnera une dimension de laboratoire au site.

En quoi ce bâtiment zéro carbone fonctionnant selon le principe de l'économie circulaire représente un atout pour le site ?

Avec ce bâtiment modèle, le SLL donne une crédibilité au site de BFF. Nous pouvons ainsi nous appuyer sur les recherches effectuées pour cet édifice. Toutes les réflexions du groupe Building2050 et les travaux de Thomas Jusselme en efficience énergétique du bâtiment nous ont aidés par exemple à concevoir le bâtiment B (ndlr. achevé en 2024, il est le premier édifice nouvellement construit sur le site de Bluefactory juste à côté du futur bâtiment SLL). Nous avons gardé des terres du bâtiment B sur le site, pour éviter des mouvements de camions superflus notamment.

Comment Bluefactory contribue-t-il à donner corps à l'organisation du Smart Living Lab ?

Nous essayons d'être la meilleure terre d'accueil en fournissant les conditions cadres les plus adaptées à sa mission et en étant les plus réactifs possible. Nous mettons nos lieux à disposition pour les expérimentations, comme l'atelier PopUp ou le pavillon de prototype de façade. Et nous cherchons à mettre en valeur les travaux et réalisations du SLL auprès des politiques et de la population.

Quel est votre voeu pour les dix prochaines années ?

Notre objectif est d'aboutir à une intégration urbaine réussie faisant du site le 13e quartier de Fribourg où se côtoient habitant·es et entreprises. Nous voulons un quartier d'innovation dont la population fribourgeoise soit fière, comme le sont les Valaisannes et Valaisans avec le Campus Energopolis (ndlr. Ce parc d'innovation réunit l'EPFL et la HES-SO Valais-Wallis à Sion). Ma plus grande satisfaction serait que Fribourg prenne conscience que le Smart Living Lab avec la présence de l'EPFL constitue un lien extraordinaire vers le monde.

Événements

Le Smart Living Lab contribue régulièrement à créer le dialogue autour de la durabilité de l'environnement bâti et à exposer ses champs de compétence et d'expertise en la matière. Il accueille et (co-)organise des événements tant locaux, nationaux qu'internationaux, et participe également à des conférences et autres salons. Voici quelques-unes des manifestations marquantes destinées tant au grand public qu'aux scientifiques ou aux professionnel·les du bâti auxquelles le SLL a pris part au cours des dix dernières années.

CISBAT

Jadis sous l'égide du Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment (LESO-PB) de l'EPFL depuis sa première édition en 1991, la conférence scientifique CISBAT dédiée à la transition durable de l'environnement bâti a été reprise par le Smart Living Lab en 2023. Avec le soutien de l'Office fédéral de l'énergie, elle a rassemblé 400 chercheur·euses sur trois jours autour des thèmes centraux du SLL que sont l'opération, le bien-être et la circularité. Conférences plénier, ateliers, présentations orales, posters et une visite sur le site du SLL à Fribourg ont stimulé le dialogue interdisciplinaire et donné lieu à la publication de près de 300 articles en libre accès dans le *Journal of Physics: Conference Series*. Une deuxième édition, toujours organisée par le SLL, s'est déroulée en 2025.

<https://cisbat.epfl.ch/>



Energissima

Consacré aux solutions énergétiques et aux technologies durables, le salon Energissima, organisé à l'Espace Gruyère de Bulle, a accueilli à deux reprises le Smart Living Lab. En tant qu'hôte d'honneur en 2018, il y a déployé un stand zéro carbone en utilisant notamment le solde de panneaux en bois utilisés lors de la conception du NeighborHub – la maison solaire conçue par des étudiant·es, vainqueur du Solar Decathlon 2017 à Denver – de quoi faire écho au concept d'économie circulaire. En 2022, l'EPFL d'un côté via le Centre de l'Energie y a présenté la maquette du futur bâtiment SLL, et la HEIA-FR de l'autre à travers plusieurs de ses instituts, dont ENERGY et TRANSFORM intégrés au SLL, y a dévoilé ses projets de recherche.



JAU-NE

En 2019, la Journée de l'Architecture et de l'Urbanisme de Neuchâtel (JAU-NE) s'est associée au Smart Living Lab en tant que partenaire académique. Le SLL y a présenté ses projets de recherche et démonstrateurs interactifs, à l'instar du jeu Crowd Energy, qui illustre comment acheter, produire, stocker et vendre de l'énergie à l'échelle d'un quartier, ou encore de l'outil CityPulse, une aide à la conception dynamique de l'espace urbain. Ce fut aussi l'occasion d'y présenter la maquette du NeighborHub et de projeter un film consacré au futur bâtiment SLL.

Perspectives

Organisé par le Smart Living Lab en partenariat avec la Promotion économique du canton de Fribourg en 2020 et en 2022, l'événement Perspectives a invité les entreprises fribourgeoises à découvrir les opportunités de R&D en collaboration avec les chercheur·euses au Smart Living Lab. Des témoignages d'entrepreneur·euses ayant mené de tels projets y ont été présentés et un marché de la recherche a servi à amorcer de nouvelles conversations avec le monde professionnel et l'industrie autour des travaux menés au SLL.

© Nicolas Brodard



KidsUni

Le Smart Living Lab accueille régulièrement les ateliers « KidsUni » en collaboration avec l'Université de Fribourg. Destinés aux enfants de 9 à 11 ans, ils leur permettent de découvrir comment concevoir des bâtiments à faible empreinte carbone à l'aide de la réalité virtuelle et augmentée, comment construire une petite structure à échelle réelle avec des matériaux respectueux de l'environnement ou encore le rôle des mathématiques dans la prise de décisions impactant nos modes de vie.



© Justine Roman

Explora

Les quatre groupes de recherche de l'Université de Fribourg intégrés au Smart Living Lab participent régulièrement, comme en 2023, aux Journées portes ouvertes « Explora ». Une occasion unique de présenter leurs activités et leurs travaux au grand public en lien avec la construction durable.



© Sonia Villegas

Portes ouvertes EPFL

Les Portes Ouvertes de l'EPFL représentent une opportunité pour le Smart Living Lab de montrer régulièrement au grand public l'importance des recherches menées par les groupes de recherche de l'EPFL rattachés au SLL. Il s'agit également d'une occasion de rappeler le rôle prépondérant que joue le SLL au sein de la Faculté ENAC.



© dr

Tables rondes TRANSFORM

Depuis 2022 le Smart Living Lab accueille des tables rondes de l'Institut TRANSFORM en collaboration avec la HEIA-FR et la revue Tracés. Nommées « Tout se transforme », elles abordent à chaque fois une thématique autour de la transformation en architecture et en urbanisme de l'évolution de l'enseignement au rôle futur de l'architecte, en passant par le potentiel de réhabilitation des bâtiments existants. Trois sessions se sont tenues en 2024. La première abordait l'expérimentation 1:1 en architecture, son potentiel pédagogique et les implications sur le processus de projet. La deuxième traitait du projet urbain dans des lieux en transformation et emblématiques entre réparation et valorisation du déjà-là, ainsi que développement prospectif et raisonné. Et la dernière touchait aux enjeux multiples de la qualité de l'air dans les écoles. Dès l'automne 2024, ces tables rondes se déclinent sous la forme d'un symposium biannuel autour du thème de la transformation.

MISTI workshop

Co-organisé en janvier 2024 à Fribourg par le MIT Media Lab – un laboratoire du Massachusetts Institute of Technology (MIT) – et le Smart Living Lab, le workshop MISTI a réuni professeur·es, chercheur·euses et étudiant·es autour de thèmes tels que la détection environnementale, le confort, l'interaction avec les données, l'optimisation du sommeil, la réhabilitation et la réalité augmentée. Ce regroupement d'expertises a stimulé des échanges féconds et ouvert de nouvelles pistes de recherche pour l'environnement bâti. Une deuxième édition s'est déroulée en novembre 2024 au MIT.



© dr

Dix histoires à succès du Smart Living Lab

La réussite de ce projet scientifique ambitieux et singulier se reflète dans les nombreuses histoires de recherche qui ont contribué à bâtir celle plus grande du Smart Living Lab. Nous en avons sélectionné dix, comme autant d'années écoulées depuis la fondation du SLL. Loin d'être exhaustif ce panorama a au moins pour ambition d'être représentatif et emblématique des collaborations fructueuses entre les trois entités du SLL, du rayonnement du SLL à l'international, ainsi que des transferts de technologies entre la recherche scientifique et l'industrie.

NeighborHub : premier symbole de collaboration au succès retentissant



Présentation du NeighborHub avant son départ pour le Solar Decathlon © Alain Herzog - EPFL

Dès son installation à Fribourg, le Smart Living Lab s'est lancé dans un pari fou : concourir à l'édition 2017 du Solar Decathlon, prestigieuse compétition biennale internationale sous l'égide du département de l'Energie des Etats-Unis. L'EPFL, la HEIA-FR, l'Unifr et la Haute école d'art et de design de Genève (HEAD) ont constitué une équipe multidisciplinaire de 250 étudiant·es, 150 encadrant·es des secteurs professionnel et académique avec le soutien financier de près de 50 partenaires. De cette émulation est né le NeighborHub, une maison solaire visionnaire conçue et construite à Fribourg faisant la part belle aux énergies renouvelables, à la gestion de l'eau et des déchets, à la biodiversité ou encore aux matériaux durables. Objectif : encourager la population à diminuer sa consommation énergétique et préserver les ressources naturelles. Démontée, envoyée par cargo et remontée par 44 membres de l'équipe sur le site de la compétition à Denver, dans le Colorado, soumis alors au froid et à de fortes intempéries, cette maison de quartier y a fait très forte impression. Elle a remporté haut la main le premier prix général et huit podiums sur dix, dont six premières places. Auréolé de cette reconnaissance internationale, le NeighborHub est revenu à Bluefactory où il

1

accueille depuis des activités, telles que repair café, ateliers de potagers urbains, cours de cuisine avec des produits locaux et saisonniers ou encore conférences. Par ailleurs, il conserve sa vocation scientifique en servant de prototype de recherche pour la gestion de l'énergie, le confort et les interactions avec les utilisateur·rices. Enfin, il a contribué à la création d'une start-up par six participant·es du Solar Decathlon. Fondée en 2018 sous le nom d'Enoki, elle a pour mission de faciliter la transition vers des modes de vie durables tout en améliorant la qualité de vie des habitant·es en créant du lien social. Elle est basée à Bluefactory dans le wood-ID, un bâtiment conçu par Enoki constitué de modules en bois indigène et de matériaux récupérés sur le site, doté de panneaux photovoltaïques en toiture et recourant à la ventilation naturelle.

Atelier PopUp : un lieu unique d'expérimentation et d'échanges



Semaine ENAC © dr

Lorsque l'EPFL et la HEIA-FR se lancent dans le concours Solar Decathlon, il leur manque un lieu destiné à concevoir le NeighborHub, le prototype qui mènera l'équipe suisse vers la victoire lors de l'édition 2017 de la prestigieuse compétition internationale. Une partie de la Halle bleue, l'ex-entrepôt de stockage de la brasserie Cardinal qui abrite les bureaux provisoires du Smart Living Lab, est équipée avec une riche palette d'outils. L'Atelier PopUp était né. Au fil des ans, ce dernier devient un espace clé pour l'expérimentation, l'enseignement et la recherche en architecture durable. Grâce à ses vastes volumes, ses centaines de mètres carrés et son équipement allant de la menuiserie à la plâtrerie en passant par la métallurgie et la peinture, l'atelier permet la réalisation de prototypes, d'éléments de bâtiments (façades, toiture, structure), voire même de bâtiments entiers à l'échelle 1:1. Il accueille chaque année les semaines thématiques HEIA-FR et les Semaines ENAC, un programme d'enseignement visant à faire collaborer les étudiant·es de bachelor des trois sections de la faculté de l'EPFL autour de projets communs. Parmi les nombreux prototypes créés au PopUp, citons la passerelle piétonne en forme d'arc précontraint RE:CRETE à partir de murs d'un bâtiment en rénovation ou le pavillon climatique Démo-Mi2 visant à lutter contre les îlots de chaleur en milieu urbain. L'atelier assure aussi le suivi et l'amélioration des infrastructures dédiées aux expérimentations du SLL : les chambres climatiques capables de mesurer les effets de conditions environnementales spécifiques sur la dynamique des polluants de l'air intérieur, la ventilation ou le confort thermique; ou le prototype CELLS - Controlled Environments for Living Lab Studies, (ndlr. « Environnements contrôlés pour les études en laboratoire vivant ») qui sert à tester des conditions de confort et de degrés d'automatisation différents avec exposition solaire (in)directe. Enfin, l'atelier apporte son expertise pour la conception et la réalisation de tous les éléments destinés à la recherche qui seront intégrés au bâtiment SLL, à l'instar des raquettes monitoring de l'enveloppe thermique ou des sondes radon. L'atelier ouvre aussi ses portes au public lors d'événements divers, afin d'échanger autour de l'architecture de demain.

2

Vizcab : pionnier de la transition carbone dans la construction



Thomas Jusselme présentant ses recherches sur l'analyse du cycle de vie du bâtiment © Alain Herzog - EPFL

Plateforme visant à aider les acteur·rices de la construction et de l'immobilier à accélérer la transition carbone de leur projet au meilleur coût de construction, Vizcab est indissociable du Smart Living Lab et de son cofondateur Thomas Jusselme. Entre 2014 et 2020, cet enseignant-chercheur au sein des écoles d'architecture de Grenoble et de Lyon prend la direction du nouveau programme de recherche « Building2050 » de l'EPFL, qui fournira des lignes directrices pour la conception du bâtiment du Smart Living Lab. En marge de cette fonction, il réalise une thèse dans laquelle il développe une méthode fondée sur les données et basée sur l'analyse du cycle de vie (ACV) pour les bâtiments à faible émission de carbone. De la mise au point de cette méthode, il en fera une start-up, Vizcab donc, avec son associé Guillaume Lafont, directeur de cette dernière. Conçue pour être la plateforme la plus rapide, puissante et collaborative du secteur grâce à la science des données, la start-up a été distinguée à maintes reprises, comme en 2023 lors du Microsoft Accelerator for Energy Efficiency pour son suivi complet des émissions de carbone via Vizcab Analytics ou lors du « Building for the Future » de la Urban TechChallengers Competition en décrochant le premier prix. Preuve de son attrait sur le marché industriel, la société réussit plusieurs levées de fonds, dont une de 9 millions d'euros pour sa série A en 2024 auprès d'investisseurs de premier plan. Avec le renforcement du cadre réglementaire européen via l'EPBD, la CSRD et la taxonomie pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, la société est bien placée pour s'étendre à l'international. Une chose est sûre, Vizcab incarne le parfait exemple de transferts fructueux entre la recherche menée au sein du Smart Living Lab et l'économie réelle, à l'instar de Thomas Jusselme lui-même, patron et professeur ordinaire en efficience énergétique du bâtiment au sein de l'institut ENERGY de la HEIA-FR intégré au SLL.

3

Aeternum : des solutions innovantes au service de la construction durable



The Boat House © Aeternum

Offrir aux propriétaires immobiliers des solutions de construction de haute qualité à la fois polyvalentes, réutilisables et neutres en CO₂. C'est la mission d'Aeternum, start-up issue des recherches du Structural Xploration Lab (SXL) de l'EPFL et de l'Institut de technologies de la construction et de l'environnement (iTEC) de la HEIA-FR, tous deux intégrés au Smart Living Lab. Fondée en 2020 par Alex Muresan, assistant de recherche au sein de ces instituts, la start-up basée à Zollikofen (BE) développe des bâtiments à la structure modulaire et porteuse permettant de les reconfigurer aisément et rapidement en fonction de la demande des usager·ères. Concrètement, il s'agit d'éléments de construction aux composants standardisés, bio et géosourcés qui s'assemblent pour (re)créer des espaces bâtis sans être limités par la disposition des colonnes, la forme des dalles ou le plan des étages. Cette stratégie de réutilisation efficace offre par ailleurs une alternative bienvenue aux collectivités publiques désirant réduire leur empreinte carbone tout en maîtrisant les coûts de construction. Un prototype grandeur nature sur leur site bernois sert de laboratoire d'expérimentation en matière de finition intérieure, ainsi que de performances acoustiques et thermiques. Il officie aussi comme salle de réunion pour la communauté locale. Un édifice complet, « The Boat House », combinant garage à bateau et pièce servant d'espace de détente et de vestiaire, a été conçu et construit selon le modèle circulaire d'Aeternum au bord du lac de Zurich. Et d'autres projets sont en cours: extension d'une école, baraquement militaire et immeuble de bureaux de 7 étages. De quoi susciter l'intérêt des investisseur·euses. En 2022, la société est sélectionnée parmi 130 candidatures de 30 pays pour intégrer le programme d'accélération Leonard, piloté par le groupe Vinci. Elle figure aussi parmi les quatre lauréats du premier NTN Innovation Booster dédié à l'industrie de la construction circulaire soutenu par Innosuisse. En 2023, elle accroît encore sa visibilité en participant à des événements de premier plan comme le Tech Tour Sustainable Construction Infrastructure et l'EPFL Startup Champions Seed Night.

4



Le professeur Dusan Licina (premier depuis la g.) en compagnie notamment des doctorant·es Seoyeon Yun (centre) et Evangelios Belias (dr.) © dr

5

Doctorant·es : des talents internationaux qui intègrent l'industrie suisse

En dix ans, ce sont vingt doctorats qui ont été brillamment achevés au Smart Living Lab. Plusieurs de ces doctorant·es proviennent de l'étranger, preuve s'il en est de la capacité du SLL à attirer des talents internationaux. Si nombre d'entre eux poursuivent désormais une carrière dans la recherche au sein de différentes hautes écoles de Suisse, certain·es ont rejoint le secteur privé occupant des postes déterminants dans quelques-unes des principales industries de notre pays. C'est le cas de la Sud-Coréenne Seoyeon Yun, qui a réalisé une thèse au sein du laboratoire HOBEL en collaboration avec la société américaine Honeywell, de quoi « obtenir des résultats scientifiques dans un contexte réel, renforçant considérablement l'impact pratique et l'applicabilité de mes recherches », explique-t-elle. Elle œuvre désormais au sein de l'équipe Technologie & Innovation chez Smart Infrastructure, Siemens Schweiz AG, où elle participe au développement d'une application logicielle appelée « Building X Comfort AI », visant à améliorer le confort et le bien-être des locataires. Alimentée par l'IA celle-ci optimise automatiquement la température intérieure des bâtiments grâce à une surveillance en temps réel des conditions climatiques internes et externes, ainsi que des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation. Le Grec Evangelos Belias, a également réalisé sa thèse au sein du laboratoire HOBEL en collaboration avec la société Estia SA, une opportunité unique pour mieux « comprendre les défis de la durabilité dans le secteur du bâtiment et guider mes recherches vers des solutions pratiques », affirme-t-il. Il travaille depuis chez Nestlé en tant que chef de projet immobilier et durabilité et il le doit, selon lui, « aux compétences et aux expériences acquises en dirigeant des projets de recherche et de développement au SLL ».

Le professeur Dusan Licina (premier depuis la g.) en compagnie notamment des doctorant·es Seoyeon Yun (centre) et Evangelios Belias (dr.) © dr

Towards 2050 : des livres de qualité mettant en valeur l'ambition du SLL

Vernissage des deux premiers ouvrages de la série « Towards 2050 »
© Thomas Delley

Le projet éditorial « Towards 2050 » retrace le développement entre 2015 et 2018 de l'ambitieuse entreprise du Smart Living Lab via une démarche interdisciplinaire centrée sur les usages, la performance et le cycle de vie du bâtiment et visant à établir des bases scientifiquement fondées pour le cahier des charges du bâtiment SLL. En mai 2019, les deux premiers ouvrages de ce projet ont été publiés aux éditions Park Books, maison d'édition suisse reconnue à l'international pour la qualité de ses publications dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme, sous la direction des professeur·es EPFL Marilyne Andersen, alors directrice académique du SLL, et Emmanuel Rey*. Thinking, Visions for Architectural Design réunit les réflexions de douze expert·es du monde entier sur les défis architecturaux en matière de durabilité à l'horizon 2050. Exploring, Research-driven Building Design présente les recherches du SLL ayant contribué à la conception de son bâtiment emblématique en cours de construction, conjuguant les objectifs environnementaux de la stratégie énergétique 2050, un confort et une qualité d'usage optimales. La série de livres doit se poursuivre avec un opus relatant le processus de réalisation de l'édifice et un dernier consacré à l'évaluation du comportement du bâtiment post-occupation.

*Emmanuel Rey, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL depuis 2010, a été membre du groupe de travail chargé de développer la vision initiale en vue de la signature d'un accord-cadre entre l'EPFL et l'Etat de Fribourg, président de la commission scientifique en place pour la réalisation du futur bâtiment, et membre du collège d'experts pour le mandat d'étude parallèle (MEP) du futur bâtiment (voir 9. Mandat d'études parallèles pour le bâtiment SLL : une révolution des pratiques)

6

ARC-HEST : un programme d'échanges qui fait rayonner le SLL à l'international



© Thomas Delley

Tisser des liens entre différentes disciplines et cultures autour d'un engagement commun visant à imaginer des environnements bâtis plus durables, humains et inspirants, telle est la mission du programme d'échange ARC-HEST porté avec succès par des chercheur·euses du Smart Living Lab entre autres. Tout débute en août 2019, lorsque 30 étudiant·es suisses de l'EPFL, de la HEIA-FR, de l'Unifr, et sud-coréen·nes des universités EWHA, Hanyang University et SungKyunKwan, se réunissent à Séoul, puis à Fribourg en février 2020. Issu·es des domaines de l'architecture, du génie civil, de l'informatique, du management et des sciences de l'environnement, ces étudiant·es analysent les synergies entre conception architecturale, facteurs humains et technologies des bâtiments de bureaux, ainsi que leur effet combiné sur la qualité de l'environnement intérieur et sur l'interaction humains-bâtiments en fonction du contexte culturel. Après une parenthèse forcée en raison de la pandémie de Covid-19, le programme reprend sur le même principe en 2022-23 avec à nouveau une session estivale dans l'un des deux pays et une seconde hivernale dans l'autre. La dernière édition s'est déroulée en 2024-25 combinant comme à chaque fois cours, ateliers et visites de bâtiments emblématiques. En outre, réparti·es en groupes multidisciplinaires les participant·es conçoivent une méthode d'évaluation des bâtiments, collectent, traitent et évaluent les données provenant d'édifices existants. Sur la base de leurs observations, ils développent alors des solutions innovantes visant à améliorer la qualité de l'environnement intérieur bâti et la satisfaction des usager·ères. Au-delà de constituer un espace d'apprentissage, ARC-HEST permet également de renforcer la coopération scientifique et culturelle entre la Suisse et la Corée du Sud, et au SLL d'asseoir sa crédibilité sur le plan international.

ENoLL : une reconnaissance internationale qui renforce la position du SLL



Des membres du SLL aux OpenLivingLab Days à Barcelone en 2023, l'événement phare d'ENoLL © dr

Au printemps 2021, le Smart Living Lab a acquis une reconnaissance internationale en intégrant le Réseau européen des Living Labs (ENoLL – European Network of Living Labs), le plus vaste réseau international du genre. Créé en 2006 sous l'impulsion de la présidence finlandaise de l'Union européenne, ENoLL regroupe aujourd'hui plus de 184 organisations dans 41 pays à travers le monde, comprenant à la fois des communes, des instituts de recherche, des entreprises et des communautés d'utilisateur·rices. Objectif: favoriser la collaboration entre les membres du réseau unis par la même volonté de faire de l'innovation un processus ouvert et collaboratif centré sur les utilisateur·rices et de l'expérimentation en conditions réelles. Cette visibilité offerte par le statut de membre d'ENoLL renforce également le rôle du SLL en tant que moteur local de l'innovation à l'intersection de la recherche, de la technologie et de la société. En rejoignant ce vaste réseau, le Smart Living Lab accède à de nouvelles opportunités de coopération et de synergies avec d'autres Living Labs et leurs partenaires dans le monde entier. Cette intégration ouvre la voie à un partage de savoirs et de pratiques qui enrichit les recherches interdisciplinaires menées à Fribourg.

8



Les lauréat·es du MEP posent devant la maquette du projet HOP © Stemutz

9

Mandat d'études parallèles pour le bâtiment SLL : une révolution des pratiques

Un édifice aussi novateur et exemplaire en termes de durabilité que celui du Smart Living Lab impliquait nécessairement une approche disruptive et catalyseur de progrès pour sa mise au concours. Pour l'avant-projet de ce bâtiment expérimental, le canton de Fribourg et la société Bluefactory Fribourg Freiburg (BFF) SA ont ainsi opté pour un Mandat d'études parallèles (MEP) impliquant une collaboration étroite entre architectes, ingénieur·es, chercheur·euses et futur·es utilisateur·rices. Un processus de conception si inédit qu'il a suscité quelques craintes dans le milieu, mais qui se sont finalement dissipées au vu de sa réussite. Lancée en 2018 la procédure s'est déroulée en plusieurs phases, à commencer par un appel à candidatures ouvert et soumis aux marchés publics. Au terme de celui-ci, quatre groupes pluridisciplinaires ont été retenus sur les 23 dossiers provenant de 5 pays différents. Les équipes candidates ont ensuite interagi entre elles, mais aussi avec le collège d'expert·es – majoritairement des architectes, ingénieur·es externes et indépendant·es, des spécialistes du domaine du bâtiment, des représentant·es de BFF SA, de l'Etat de Fribourg et des institutions académiques partenaires du Smart Living Lab – ainsi que les utilisateur·rices et chercheur·euses du SLL. À l'issue de deux sessions de dialogues participatifs, chaque groupe a présenté son projet. Et c'est à l'unanimité que le collège d'expert·es a désigné en juillet 2019 le projet HOP comme lauréat du MEP eu égard à son ouverture et sa convivialité, ses capacités évolutives et son caractère intégratif. Conçu par le groupe composé de Behnisch Architekten, Drees & Sommer Schweiz AG et ZPF Ingenieure AG, il s'est démarqué par son aptitude à allier centralité des usages, potentiel d'expérimentation et haute performance environnementale.

SWICE : un projet d'envergure de réduction de la consommation énergétique

Le rôle prépondérant du Smart Living Lab en matière de durabilité prend tout son sens avec le projet de recherche SWICE – Sustainable Well-being for the Individual and the Collectivity in the Energy transition (ndlr. « Bien-être durable pour l'individu et la collectivité dans la transition énergétique »). Soutenu par l'Office fédéral de l'énergie et coordonné par le SLL de 2022 à 2030, SWICE vise à soutenir la mise en œuvre de la Stratégie énergétique 2050. Objectif : identifier et quantifier le potentiel d'économies d'énergie et les possibilités d'amélioration de la qualité de vie de la population qui peuvent découler de nouveaux modes de vie et de travail, des changements de comportement en matière de mobilité, ainsi que de différents modèles économiques. C'est pourquoi, ce projet est réalisé en collaboration directe avec les acteur·rices au niveau local – résident·es, employé·es, gérances immobilières, entreprises et communes – au sein de six Living Labs répartis dans tout le pays, dont le SLL et celui du quartier fribourgeois de Schönberg notamment. Ces derniers servent de terrains d'expérimentation pour observer, tester et co-construire des solutions concrètes dans trois secteurs de changement avec un impact sur la gestion de la demande et de l'offre d'énergie : l'environnement bâti, les espaces ouverts et la mobilité. Cet ambitieux projet de recherche mobilise 10 hautes écoles suisses et 4 sociétés de recherche et de conseil, épaulées par plus de 25 partenaires des secteurs publics et privés. L'association d'expertises allant de la sociologie à l'ingénierie, en passant par la mobilité, l'architecture ou la psychologie sociale, vise à dessiner un mode de vie durable de haute qualité, conciliant bien-être individuel et économie des ressources.

www.sweet-swice.ch



© Thomas Delley

10



Participant·es à un workshop du Programme SWICE © Thomas Delley

EPFL

Une institution de classe mondiale qui fait rayonner Fribourg à l'international



© Stemutz

L'École polytechnique fédérale de Lausanne, connue sous la marque EPFL, est l'une des deux écoles polytechniques fédérales en Suisse, avec celle de Zurich. Classée parmi les meilleures universités d'Europe et du monde, sa renommée d'excellence lui confère un pouvoir attracteur pour les talents scientifiques de premier plan à l'international.

L'EPFL dispense un enseignement et fait de la recherche dans les domaines des sciences de l'ingénierie, des sciences naturelles, de l'architecture, des mathématiques et favorise la pluridisciplinarité. L'enseignement pour les niveaux bachelor et master est donné sur le campus principal situé sur les bords du Léman, accueillant environ 14'000 étudiant·es et 130 nationalités différentes.

Depuis les années 2010, l'EPFL développe un réseau de campus dans les cantons de Suisse romande qui viennent compléter son campus principal et sont destinés en premier lieu à la recherche. Dans chaque canton, des partenariats sont établis, afin d'associer les écosystèmes locaux à la force et à la notoriété de l'institution fédérale, en axant chaque site sur des thèmes clés de la région.

À Fribourg, l'EPFL développe son activité académique dans le domaine du l'environnement bâti. Quatre laboratoires, dirigés chacun par une professeure ou un professeur, rattachés à la faculté de l'Environnement naturel, architectural et construit (ENAC) y sont installés.

Cette implantation a donné lieu à la création du Smart Living Lab en partenariat avec l'État de Fribourg et les hautes écoles fribourgeoises et s'inscrit dans le contexte de la requalification du site de l'ancienne brasserie Cardinal en quartier d'innovation nommé Bluefactory. Elle a conduit au rattachement du site de Bluefactory au réseau Switzerland Innovation Park West.

L'EPFL assure la direction académique, la direction opérationnelle et l'administration du Smart Living Lab. Les activités de l'EPFL sont installées dans des bâtiments provisoires de Bluefactory jusqu'à la construction du bâtiment du Smart Living Lab.

De taille modeste par rapport aux autres campus de l'EPFL, celui de Fribourg est appelé à se renforcer dans les années à venir. Il offre néanmoins une palette d'opportunités uniques, notamment pour la construction de prototypes de grande dimension et l'enseignement par le projet. La halle de prototypage (atelier PopUp) accueille des étudiantes et des étudiants pour des travaux pratiques de construction encadrés par le personnel technique du campus de Fribourg.



Dix ans d'engagement et d'innovation de l'EPFL au Smart Living Lab

Un projet phare qui fait briller Fribourg

La participation victorieuse au Solar Decathlon en 2017 a constitué une première collaboration forte avec les partenaires académiques du Smart Living Lab. La maison solaire conçue et réalisée par les étudiant·es a servi de démonstrateur de l'habitat durable et d'activateur de quartier à Bluefactory depuis son retour à Fribourg en 2018.

Des étudiant·es préparé·es pour l'entrepreneuriat

Des étudiant·es ont transformé leur expérience au SolarDecathlon en entreprise spécialisée dans l'architecture et les quartiers durables. La start-up Enoki a notamment conçu un système de construction modulaire en bois qui a permis de réaliser un bâtiment emblématique de Bluefactory, où l'entreprise s'est installée.

Des talents internationaux pour Fribourg et la Suisse

L'EPFL engage à Fribourg des profils scientifiques sélectionnés parmi les meilleurs de leur domaine en provenance du monde entier, pour des postes de professeur·es, de docteurant·es et de postdoctorant·es. Au bénéfice de cette expérience dans la recherche de pointe, nombre d'ingénieur·es intègrent ensuite le tissu économique dans le canton de Fribourg ou en Suisse. D'autres ont été nommé·es professeur·es à la HEIA-FR et participent à renforcer les liens entre les deux écoles.

Des scientifiques qui s'affirment en figures de référence

Deux des quatre scientifiques engagés par l'EPFL à Fribourg comme professeur·es assistant·es tenure track ont déjà accompli avec succès leur titularisation en qualité de professeurs associés. Chacun est en charge de la direction d'un groupe de recherche et d'infrastructures expérimentales de pointe, leur

permettant d'apporter des contributions scientifiques significatives dans leurs domaines, produisant les connaissances nécessaires aux innovations technologiques et à l'évolution de la pratique professionnelle. Le nombre de bourses obtenues du Fonds national suisse est un indicateur de l'excellence de la recherche menée par l'EPFL à Fribourg.

Des projets nationaux de grande envergure

Le consortium de recherche SWICE financé par l'Office fédéral de l'énergie dans le cadre de son programme SWEET a été constitué au Smart Living Lab sur l'impulsion de la professeure Marilyne Andersen qui en assure la coordination scientifique (jusqu'au printemps 2025).

Des partenariats internationaux essentiels pour la Suisse

La recherche de haut niveau menée par l'EPFL à Fribourg s'inscrit dans des programmes de portée mondiale: des projets soutenus par la Commission européenne (Horizon Europe), des tâches de l'Agence internationale de l'énergie, des programmes bilatéraux avec les USA ou la Corée du Sud, des programmes de développement et de coopération ou humanitaires (p.ex. CICR, MedAir, DDC).

Le campus de Fribourg, antenne locale d'un vaste pool de compétences

Le développement du campus de Fribourg bénéficie de toutes les compétences présentes à l'EPFL. Plus de 100 personnes de l'EPFL ont contribué par exemple à la conception du bâtiment SLL, y compris des chercheur·euses basé·es à Lausanne, des architectes et des spécialistes de la construction de bâtiments de laboratoires.



→ Laboratoire SXL



→ Laboratoire HOBEL



→ Laboratoire ICE



→ Laboratoire ETHOS

Temps forts 2024

ENAC Fribourg Grants

» Quatre nouveaux projets de recherche pluriannuels impliquant des laboratoires de l'EPFL basés à Lausanne et des partenaires non académiques fribourgeois ont été lancés par la faculté ENAC.

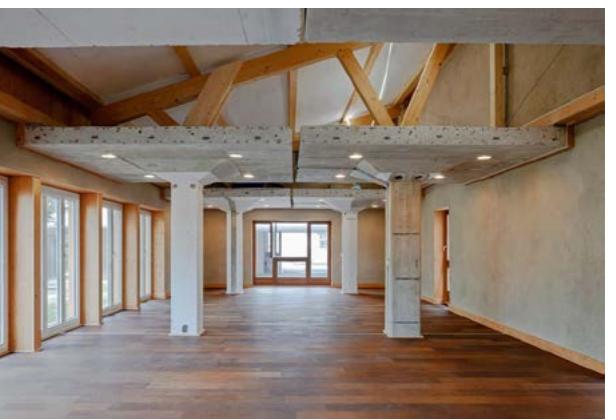
Nouvelle direction académique

» Dix ans après la création du Smart Living Lab, la professeure Marilyne Andersen en transmet la direction académique au professeur Corentin Fivet le 1er avril 2024. Architecte et ingénieur d'origine belge, il est arrivé du MIT de Boston à EPFL Fribourg en 2016. Nommé professeur assistant tenure track dans l'institut d'architecture, il est l'un des premiers professeurs engagés par l'EPFL pour ce nouveau campus. En 2023 il est promu professeur associé.

Construction du Swiss Solar Boat et du pavillon RebuLT

» Pendant tout l'été 2024, les étudiant·es de l'équipe SwissSolarBoat ont construit la coque et les flotteurs de leur bateau solaire à foils et à hydrogène dans l'atelier PopUp, sur le campus de Fribourg. Soutenue par l'EPFL comme un projet MAKE favorisant l'apprentissage par le projet, cette prouesse d'ingénierie vise à prendre part à une compétition internationale.

Avec RebuLT, un autre projet MAKE supervisé par des encadrant·es de l'EPFL Fribourg, des étudiant·es ont construit un pavillon en réutilisant des structures de béton extraites d'un bâtiment en déconstruction.



Pavillon RebuLT © Solène Hoffmann

HEIA-FR

L'excellence en ingénierie et architecture depuis 1896



© Sonia Villegas

La Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) forme depuis plus de 125 ans des ingénieur·es et architectes qui répondent aux défis technologiques et sociaux contemporains.

La Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) forme depuis plus de 125 ans des ingénieur·es et architectes qui répondent aux défis technologiques et sociaux contemporains.

Haute école bilingue, la HEIA-FR offre des formations de niveau Bachelor dans six filières : architecture, chimie, génie civil, génie électrique, génie mécanique et informatique et systèmes de communication (ISC). Quatre formations de niveau Master sont proposées en partenariat avec la HES-SO. La Haute école est connue pour son interdisciplinarité et sa proximité avec le monde professionnel et la recherche.

Les instituts de recherche et centres de compétences de la HEIA-FR collaborent activement avec l'économie régionale dans trois domaines clés : les technologies industrielles, la construction et l'environnement, ainsi que les technologies de l'information et de la communication.

Formations professionnalisantes, recherche en phase avec les besoins économiques, bilinguisme, infrastructures modernes et situation géographique privilégiée font de la HEIA-FR le partenaire de référence pour l'innovation et la formation technique en Suisse romande.



→ Institut ENERGY



→ Institut TRANSFORM



→ Institut iTEC

Dix ans d'engagement et d'innovation de la HEIA-FR au Smart Living Lab

Depuis sa création, la HEIA-FR joue un rôle moteur dans le développement du Smart Living Lab. En dix ans, elle a contribué à structurer une recherche interdisciplinaire ambitieuse, à mettre en place des infrastructures d'expérimentation uniques, et à tisser des liens solides avec les milieux académiques, économiques et publics.

Dès les premières du projet, la HEIA-FR s'est engagée activement dans la définition de la vision et la structure du centre de compétences. La mise en place d'un programme de recherche unique en son genre a permis de décloisonner les instituts et favoriser une approche interdisciplinaire, essentielle à l'ADN du Smart Living Lab.

L'emménagement dans la Halle bleue, au cœur du site Bluefactory, a marqué une étape clé. L'ouverture de l'atelier PopUp a offert de nouveaux espaces d'expérimentation, permettant aux équipes de tester et de prototyper des solutions dans des conditions réelles, tout en renforçant la visibilité du Smart Living Lab auprès des partenaires et du public.

Le projet NeighborHub, lauréat du Solar Decathlon, a constitué une vitrine emblématique du savoir-faire interdisciplinaire de l'institution. Véritable laboratoire vivant, il a permis de tester des solutions concrètes pour l'habitat durable et de sensibiliser un large public aux enjeux de la transition énergétique.

Le lancement des appels à projets thématiques sur la rénovation puis les Living Lab ainsi que la participation au programme SWICE de l'OFEN ont structuré la recherche autour de thèmes fédérateurs. Cette dynamique a favorisé l'émergence de projets collaboratifs et renforcé la cohérence scientifique du Smart Living Lab.

L'utilisation de thèmes fédérateurs comme axes structurants a permis de créer des synergies entre les disciplines et de répondre de manière globale aux défis de la durabilité urbaine. Cette approche a permis aux équipes de la HEIA-FR de renforcer leur positionnement et de développer des compétences nécessaires à ses partenaires de terrain.

La participation active au Mandat d'Etude Parallèle a permis de co-créer une feuille de route ambitieuse pour le développement du futur bâtiment basé sur les besoins des chercheuses et chercheurs. Ce bâtiment permettra d'expérimenter des solutions développées dans le cadre de projets de recherche en conditions réelles.

Au fil des années, la HEIA-FR a renforcé ses compétences internes et multiplié les collaborations avec des partenaires privés et des collectivités publiques. Ces synergies ont permis de développer des projets innovants à fort impact contribuant à l'émergence d'une société plus durable.



Stand du SLL au salon Energissima 2018 © Stemutz

Temps forts 2024

3DReStruct

» Renforcement des structures métalliques par la technique de la fabrication additive

BLAREC

» Partage de données relatives à l'analyse de cycle de vie des bâtiments : un cadre de référence suisse pour la performance carbone

Eval2Rn

» Outil d'aide à l'évaluation du risque radon avant construction ou rénovation

LIFS

» Évaluation multicritère de systèmes constructifs des planchers de bâtiment et établissement de principes pour la réduction de leur impact environnemental



Workshop InnovationBooster Living Labs for Decarbonisation
© Thomas Delley

Unifr

Interdisciplinarité et innovation



© Sonia Villegas

Combinant l'excellence dans l'enseignement et la recherche avec une forte vision interdisciplinaire, l'Université de Fribourg (Unifr) continue de jouer un rôle central dans le Smart Living Lab. Depuis 2022, l'Unifr est représentée par quatre unités au sein du Lab: l'Institut Human-IST, l'Institut pour le droit suisse et international de la construction et les groupes de recherche DS&OR (Decision Support and Operations Research) et DIGITS (Digitalization and Information Systems). Ensemble, ces unités offrent une expertise de pointe à la croisée du droit, de la numérisation, des sciences de la décision et de l'interaction entre l'homme et la technologie.

Les premiers instituts de l'Université de Fribourg impliqués dans la vision fondatrice et la mise en place de la collaboration interinstitutionnelle du Smart Living Lab ont été l'Institut international de gestion de la technologie (iiimt), l'Institut Human-IST et le département de droit de l'Unifr. Au cours des premières années, l'iiimt a joué un rôle de premier plan dans le développement de la présence de l'Unifr au sein du laboratoire et dans la promotion de la recherche dans les domaines du comportement des consommateur·rices, de l'innovation et de la gestion des technologies. Après le départ de l'iiimt en 2022, les professeurs Hans-Georg Fill et Bernard Ries ont repris la coordination, tandis que l'intégration de DIGITS et DS&OR consolidait la stratégie numérique de l'Unifr et élargissait encore son champ interdisciplinaire.

En développant des approches innovantes dans des domaines tels que l'interaction homme-bâtiment, la réalité virtuelle et augmentée, le bien-être immersif et l'éducation, la logistique, l'aide à la décision et le cadre juridique de la construction et des marchés publics, les quatre unités de



→ Institut pour le droit suisse et international de la construction



→ Institut Human-IST



→ Groupe DIGITS



→ Groupe DS&OR

recherches existantes contribuent à une meilleure compréhension de la façon dont les personnes interagissent avec les systèmes numériques et les environnements de vie intelligents. En combinant les perspectives de l'informatique, des sciences sociales, de la technologie et du droit, l'Unifr encourage activement l'innovation tout en accentuant l'interdisciplinarité.

Parmi les faits marquants de ces dernières années, citons le développement des AirSpecs, des lunettes intelligentes co-crées par Human-IST et le MIT Media Lab, capables de surveiller le confort de l'utilisateur·rice en temps réel et testées à l'échelle internationale, ainsi que la ComfortBox développée en collaboration avec Logitech; de nouveaux outils de réalité virtuelle pour le bien-être immersif et les formats d'éducation en 3D, développés en collaboration avec l'EPFL et d'autres partenaires; et les projets d'optimisation de la logistique et de la collecte des déchets de DS&OR, qui répondent aux défis concrets de la gestion urbaine. Le groupe DIGITS a renforcé ses liens internationaux grâce à des échanges et des collaborations dans le domaine de la réalité augmentée et virtuelle, tandis que Human-IST a contribué à des projets à grande échelle tels que ARC-HEST, MISTI et SWICE, jetant ainsi un pont entre les communautés de recherche suisses et internationales.

Dix ans d'engagement et d'innovation de l'Unifr au Smart Living Lab

Interaction homme-bâtiment et durabilité

Contribuer activement à la recherche dans le domaine de l'interaction homme-bâtiment (Human-IST), du confort, du bien-être et de la durabilité dans l'environnement de vie intelligent grâce à des technologies de pointe est un axe de recherche essentiel. Des projets phares tels que AirSpecs, ComfortBox, les vidéos 3D immersives et Lucideles illustrent ces efforts innovants.

Événements internationaux marquants

Le Law Group a joué un rôle clé dans l'organisation de grandes conférences et de symposiums, notamment la Swiss Public Procurement Conference et le SIA 2065 Symposium, qui ont réuni des centaines d'expert·es du monde académique et industriel.

Transfert de connaissances et formation

Le transfert de connaissances est l'un des piliers de notre mission. Grâce aux programmes CAS, à la formation des cadres de l'iiimt et aux initiatives de sensibilisation telles que KidsUni, les résultats de la recherche sont partagés avec le monde universitaire, l'industrie et le grand public.

Partenariats internationaux stratégiques et échanges universitaires

Depuis les premières années du Smart Living Lab, la collaboration avec des institutions telles que le MIT, Stanford, EDF, les CFF et des partenaires en Corée du Sud et en Italie a permis de promouvoir des projets pionniers et d'enrichir les échanges universitaires à l'échelle mondiale.

Une structure interdisciplinaire renforcée

La transition de l'iiimt vers DIGITS et DS&OR, ainsi que la nouvelle direction, ont consolidé la stratégie numérique de l'Unifr et renforcé la recherche interdisciplinaire.

Temps forts 2024

Grâce à la collaboration continue avec le MIT Media Lab, qui a été initiée par un échange de doctorant·es (Sailin Zhong) et un partage d'idées entre les professeurs Denis Lalanne et Joe Paradiso, les chercheur·euses de Human-IST ont organisé un grand atelier reliant le Smart Living Lab et le MIT. Cet événement a réuni des chercheur·euses de l'EPFL, de l'Unifr, de la HEIA-FR et du MIT et a donné lieu à des conférences et à un hackathon sur les thèmes des capteurs environnementaux, du sommeil, de l'interaction des données et de l'augmentation.



MIT Media Lab x Smart Living Lab workshop au MIT © dr

Célébration des 10 ans du Smart Living Lab

Une soirée empreinte d'émotion a réuni le 26 mars 2024 une centaine de personnes ayant joué un rôle essentiel dans le façonnement du Smart Living Lab. Une occasion de célébrer une décennie d'innovation et de collaboration, mais aussi d'exprimer une profonde gratitude à Marilyne Andersen. Pionnière et véritable cheville ouvrière de ce projet visionnaire, elle a passé le relais de la direction académique à Corentin Fivet, responsable du Laboratoire d'exploration structurale (SXL), qui officie aux côtés de Martin Gonzenbach, directeur opérationnel.



Photographies : ©Stemutz Photo

Institut TRANSFORM

Une approche low-tech de l'innovation



« La majorité de la ville du futur est déjà là, le défi est de la transformer et d'adapter le bâti existant pour mieux vivre ensemble en respectant les ressources planétaires. »

Sérena Vanbutsele
Responsable de l'Institut TRANSFORM

Malgré l'urgence climatique, les constructions nouvelles ne cessent d'augmenter en Suisse romande, alors que le secteur serait, d'après les estimations courantes, responsable d'environ 40% des émissions de CO₂, mais aussi de l'imperméabilisation des sols, de la disparition progressive des biotopes et des déchets polluants. Devant ce constat, l'Institut TRANSFORM contribue à outiller les architectes et les collectivités publiques pour agir sur la transformation du bâti existant et son adaptation à des modes de vie repensés.

L'Institut TRANSFORM développe des projets de recherche appliquée en architecture et en urbanisme. Composé d'architectes – scientifiques et spécialistes – d'urbanistes, de géographes et de physicien·nes du bâtiment, l'institut développe une expertise interdisciplinaire contribuant à imaginer et créer un futur cadre bâti durable. L'institut traite de multiples échelles depuis l'assemblage d'éléments de construction jusqu'à la planification territoriale. Le processus de création du bâti est considéré dans son ensemble, avec la conception, la construction, l'utilisation du bâti et ses valeurs

culturelles, la rénovation et la transformation en fin de cycle de vie. Si la transformation en architecture est souvent assimilée à la rénovation des bâtiments et en particulier à leur rénovation énergétique, les projets de l'Institut TRANSFORM démontrent que ce concept implique un éventail large de compétences et d'expertises traitant également des questions de production de logements, de mixité urbaine, de typomorphologie du bâti, de santé dans le bâtiment, et plus particulièrement de la qualité de l'air intérieur, des outils de digitalisation pour contribuer à diagnostiquer les qualités d'un bâtiment patrimonial ou encore de réemploi de matériaux de construction. Dans leurs projets, les équipes de recherche de l'institut apportent une réflexion critique par rapport aux technologies et à leur durabilité. L'innovation y réside davantage dans la réappropriation, dans l'assemblage et la combinaison de techniques traditionnelles, parfois ancestrales, plutôt que dans l'invention de nouvelles technologies.



© dr

Principaux projets au Smart Living Lab

En dix ans, l'institut TRANSFORM s'est affirmé à travers quatre thématiques majeures: la rénovation énergétique du bâti patrimonial (avec des projets tels que RurBat, ProRen, RenoBAT-FR, TypoRENO), la qualité de l'air intérieur et le radon (Jurad-Bat, Mesqualair, Scol'Air-FR, RnSLL), le développement d'écoquartiers intégrant les dimensions humaines et environnementales (TransHabNat, SWICE-WP3, BU-LO, SUNLOOP, MISS), et la recherche par le faire, notamment via l'atelier PopUp et la circularité dans la construction (ConcReTe, POLYNORM). Fondé par Florinel Radu et dirigé depuis 2021 par Sérena Vanbutsele, l'institut réunit aujourd'hui plus de 45 membres. La consolidation d'équipes, la soutenance de doctorats et la valorisation et mutualisation des ressources en termes de bureaux, d'administration et de communication sont des acquis indispensables pour continuer à assumer notre mission principale : être pionnier·ères dans nos domaines d'expertises, révéler et comprendre des besoins de société plutôt que de répondre à une demande du marché et assurer l'échange de connaissances avec nos partenaires – souvent des collectivités publiques – plutôt que le transfert de technologie pure.

Projet phare 2024



L'Île O'frais dans le quartier de Schoenberg à Fribourg en août 2025
© Agnès Collaud

O'Frais

» Le projet l'Île O'Frais fait partie du Living Lab Schoenberg. Il s'agit d'une initiative menée dans le quartier de Schoenberg à Fribourg, dans le cadre du programme SWICE WP5 et WP3 en partenariat avec l'association REPER. Ce projet débuté en 2024 a une forte dimension appliquée puisqu'il a notamment permis de tester un aménagement urbain provisoire apportant de la fraîcheur et de la convivialité dans l'un des espaces publics du quartier les plus fortement touchés par le phénomène d'îlot de chaleur. Le chantier participatif qui s'est déroulé en août 2025 a rassemblé une équipe d'architectes de l'institut TRANSFORM, des animateur·rices socio-culturel·les de REPER et des usager·ères de la place (enfants placé·es, adolescent·es, mères du Schoenberg) pour créer du mobilier urbain avec dispositif d'ombrage, des peintures aux sols et aux murs pour éclaircir et des jeux d'eau.

Publications récentes

Grandjean, Nicolas; Collaud, Agnès; Jeker, André; Mosimann, Reto; Vanbutsele, Sérena; 2024

POLYNORM - Dutch modular construction of the 1950s entirely made of steel sheet

Proceedings of the 5th International Congress on Construction History, 24-28 June 2024, Zurich, Switzerland

Radu, Florinel

Perma-cultivons les quartiers!

Tracés, 2024-12, Zürich, Suisse, espazium Verlag

Rey, Joan F., Antignani, Sara, Baumann, Sebastian, Di Carlo, Christian, Loret, Niccolò, Gréau, Claire, Gruber, Valeria, Goyette Pernot, Joëlle, & Bochicchio, Francesco (2024)

Systematic review of statistical methods for the identification of buildings and areas with high radon levels

Frontiers in Public Health, 12. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1460295

Partenaires

- » Canton de Fribourg, Plan Climat
- » Agglomération de Fribourg
- » Ville de Fribourg (urbanisme et architecture, cohésion sociale, Énergie, Patrimoine)
- » Pro Fribourg
- » Pro Natura
- » REPER
- » Ressourcerie
- » Canton de Vaud (Services du patrimoine et de l'énergie, DGEO, ...)
- » OFEN (Office fédéral de l'énergie)
- » OFSP (Office fédéral de la santé publique)
- » Filogie
- » OST
- » EPFL
- » HES-SO
- » Université de Genève
- » Unifr
- » Bureau DAC
- » Durabilitas

Institut ENERGY

L'ingénierie pluridisciplinaire au service de la transition énergétique



« L'Institut Energy est contributeur à l'impact du Smart Living Lab, capable de transformer les défis énergétiques en solutions concrètes grâce à sa maîtrise des réseaux thermiques, du stockage intelligent et de la planification carbone à l'échelle du quartier. »

Patrick Favre-Perrod
Responsable de l'Institut ENERGY

Les équipes de l'Institut ENERGY sont actives dans la gestion et l'optimisation énergétique des bâtiments et infrastructures. Elles élaborent des solutions pour l'intégration des sources renouvelables et l'optimisation énergétique des réseaux électriques et thermiques et effectuent des analyses et bilans à l'échelle des bâtiments et des quartiers.

Depuis sa création, l'Institut ENERGY de la HEIA-FR s'est mis au service du Smart Living Lab, en mettant l'ingénierie énergétique au service de la durabilité du cadre bâti, en particulier au niveau de l'énergétique et du bilan carbone.

Sur le plan scientifique, l'institut a contribué à des projets structurants tels que SWICE, programme national SWEET coordonné par le SLL, qui explore les leviers comportementaux et sociaux de la transition énergétique. Il y joue un rôle central dans l'évaluation de l'efficacité des interventions en « Living Labs », en intégrant les dimensions humaines, juridiques et économiques des systèmes énergétiques.

En parallèle, l'institut a renforcé la visibilité du SLL à travers des prototypes innovants (pavillon anti-îlots de chaleur), des

interventions dans des forums nationaux et internationaux, et une production scientifique soutenue. Il collabore étroitement avec les autres instituts de la HEIA-FR, l'EPFL et l'Université de Fribourg, consolidant ainsi la force interdisciplinaire du SLL. Sur le site de Bluefactory, l'Institut a contribué activement à la conception du futur bâtiment SLL.

L'Institut ENERGY a également développé des solutions concrètes pour l'optimisation des réseaux thermiques et électriques, la gestion intelligente des bâtiments et le stockage de l'énergie. Le projet SmarTS, par exemple, propose une batterie thermique innovante à base de matériaux à changement de phase, capable de stocker l'énergie solaire pour une utilisation nocturne, répondant ainsi aux défis de l'intermittence. Ces développements se basent sur une infrastructure expérimentale pertinente, incluant différents laboratoires d'énergétique thermique et électrique, y compris le laboratoire d'intégration énergétique situé à côté de la Halle bleue.

En résumé, l'Institut ENERGY incarne l'ambition du Smart Living Lab : transformer les défis énergétiques en solutions concrètes, durables et reproductibles, au service de la société et de l'environnement bâti.



© dr

Principaux projets au Smart Living Lab

SmarTS (Gestion intelligente du stockage thermique des bâtiments)

» Projet de batterie thermique innovante basée sur des matériaux à changement de phase (PCM), permettant de stocker l'énergie renouvelable pour une utilisation nocturne ou en cas d'absence de soleil / vent. Vise la pré-industrialisation du prototype avec plusieurs partenaires.

Le projet SmarTS, soutenu par Innosquare, vise à révolutionner le stockage thermique dans les bâtiments grâce à une batterie innovante utilisant des matériaux à changement de phase (PCM). Ce système permet de stocker l'énergie renouvelable produite en journée pour la restituer la nuit ou lors de périodes sans soleil ni vent. Initié en mai 2022, le projet ambitionne de rendre les bâtiments MINERGIE autonomes thermiquement de mars à novembre. Trois prototypes seront développés, dont un destiné à une installation permanente. Grâce à l'automatisation et à l'optimisation de l'échangeur thermique, SmarTS ouvre la voie à une réduction significative de la dépendance aux énergies fossiles, tout en valorisant les compétences croisées des partenaires du projet.

SWICE (Sustainable Well-being for the Individual and the Collectivity in the Energy transition)

» Projet national phare, financé par l'OFEN, sur 8 ans, coordonné par le SLL, impliquant fortement l'Institut Energy. Il vise à réduire la consommation d'énergie en Suisse via des changements de comportements, des Living Labs et des innovations sociales et technologiques.

ADVENS (Plateforme de modélisation et simulation des réseaux thermiques multi-sources intégrés)

» Développement d'une plateforme de simulation pour optimiser la conception, la planification et l'exploitation des réseaux thermiques et électriques à l'échelle industrielle et urbaine. Permet d'optimiser l'efficience énergétique et d'intégrer les énergies renouvelables.

BioLoop (Circularité des matériaux biosourcés pour un environnement bâti net-zéro)

» Projet visant à dresser un état des lieux de l'utilisation des matériaux biosourcés dans le bâtiment, pour transformer les bâtiments en puits de carbone. Implique des partenaires scientifiques, industriels et politiques.

Projet phare 2024



Building LCA data exchange : a first Swiss carbon performance framework for reporting and capitalization, BLAREC

» BLAREC vise à créer le premier cadre suisse de reporting et de capitalisation des données d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) pour le secteur du bâtiment. Face au manque de référentiel et de base de données digitale, le projet développera un framework harmonisé pour faciliter la transparence, la comparaison et l'échange des données carbone. Il s'appuie sur une approche interdisciplinaire, la validation sur des cas pilotes, et la collaboration avec les acteurs publics et privés pour accélérer la décarbonation du secteur.

Publications récentes

Neves, Mosquini; Lucas, Hajiro; Delinchant, Benoit; Jusselme, Thomas; 2024

Dynamic LCA methodology to support post-occupancy decision-making for carbon budget compliance
Energy and Buildings. DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.114006

Favrat, Daniel; Kane, Malick; 2025

Energy Analysis of Heating and Cooling
Academic Press. DOI: 10.1016/c2020-0-03373-6

Robadey, Jacques; Villeumier, Sylvain; Lalou Moncef, Justin; 2024
A cold storage PCM heat exchanger for daily summer free cooling with cold night air

Proceedings of 18. Symposium Energieinnovation (EnInnov) 2024, 14-16. Februar 2024, Graz, Austria

Partenaires

- » CSD
- » Bluefactory SA
- » Climate Services
- » CMA
- » E-nno
- » ETH Zurich
- » Gradesens
- » Groupe E
- » Romande Energie
- » Losinger Marazzi
- » OVALE & Partenaires
- » PSE-Energies Sàrl
- » Richemont
- » SIG
- » SINEF SA
- » Tecphy Sàrl
- » Urbaplan
- » Yord
- » OFEN (Office fédéral de l'énergie)
- » HES-SO

Laboratoire SXL

Démystifier le potentiel de réemploi des composants bâtis



© dr

« Rien n'est plus durable que ce qui est déjà construit.

Ne le gaspillons pas. »

Corentin Fivet

Directeur du Laboratoire SXL

Depuis plusieurs années, le Structural Xploration Lab (SXL) contribue au développement du réemploi d'éléments issus de bâtiments soigneusement déconstruits afin de réduire l'impact environnemental de la construction. Après avoir démontré la faisabilité technique du réemploi de structures en béton, le laboratoire élargit son champ d'étude à la compréhension des conditions réelles de mise en œuvre, d'évaluation et de pérennisation de cette pratique. Les recherches récentes montrent que la réutilisation ne dépend pas seulement des performances matérielles, mais aussi des connaissances acquises, des cadres d'évaluation et des contextes culturels dans lesquels elle s'inscrit.

Une enquête menée auprès de 35 acteur·rices du secteur en Amérique du Nord révèle que l'expérience joue un rôle clé dans la perception des opportunités et des obstacles du réemploi. Plus les professionnels accumulent de projets, plus leur vision évolue: les contraintes techniques ou réglementaires initialement jugées bloquantes deviennent, avec le temps, des questions de coordination, de conception ou de gestion. Ce processus témoigne d'une professionnalisation progressive où la réutilisation s'intègre au projet plutôt qu'elle ne le perturbe.

L'apprentissage collectif améliore la fiabilité des pratiques et en renforce la viabilité économique.

Parallèlement, une analyse de 21 procédures d'évaluation du potentiel de réemploi en Europe et aux États-Unis met en évidence l'absence de cadre commun. La plupart des approches se concentrent encore sur le recyclage plutôt que sur la réutilisation directe des composants. Les critères employés – résistance, géométrie, état de surface, démontabilité – varient fortement, rendant difficile la comparaison des résultats et la communication entre ressourceur·ices, ingénieur·es et architectes. Ces travaux appellent au développement de protocoles standardisés intégrant la traçabilité, la planification de la déconstruction et la logistique du transport et du stockage, afin de rendre la réutilisation mesurable, reproduitible et industrialisable.

Enfin, une étude historique révèle que le réemploi n'est pas une innovation récente : des archives suisses du XIX^e et du XX^e siècles attestent d'un marché dynamique de matériaux d'occasion, où poutres, fenêtres ou pierres circulaient entre chantiers. La modernité industrielle, avec sa logique du neuf et de la standardisation, a interrompu cette continuité. Réintroduire le réemploi aujourd'hui revient à renouer avec une intelligence matérielle fondée sur la durabilité, l'économie de moyens et la valorisation du déjà-là.

En réunissant ces approches – empirique, méthodologique et historique – le SXL contribue à replacer le réemploi au cœur de la transformation du secteur. Ses recherches visent à quantifier ses bénéfices environnementaux, à concevoir des outils numériques d'évaluation et à tester des prototypes réalisés

à partir d'éléments déconstruits. Chaque résultat confirme que la matière bâtie conserve un potentiel considérable : la déconstruction devient ressource, et bâtir pour réutiliser s'impose comme l'un des gestes les plus prometteurs d'une architecture durable.

Principaux projets au Smart Living Lab

Le réemploi de béton dans de nouveaux bâtiments : exploration d'opportunités et validation expérimentale

» La recherche explore la réutilisation directe d'éléments structurels en béton armé provenant de bâtiments voués à la démolition, en alternative au recyclage traditionnel. Des protocoles d'audit ont été développés pour évaluer la réutilisabilité des éléments : inventaire, caractérisation géométrique et matérielle, détection des dommages, puis attribution d'une note de réutilisabilité permettant de guider leur revalorisation. Un prototype à l'échelle réelle – une passerelle arquée post-tensionnée de dix mètres constituée de vingt-cinq blocs de béton sciés dans une structure existante – a démontré la faisabilité technique du procédé et une réduction du potentiel de réchauffement global de 70 à 75% par rapport aux solutions neuves. Des études sur les systèmes de planchers réemployés ont confirmé un gain carbone de 80% en moyenne, atteignant 94% lorsque les aciers sont eux aussi réutilisés. L'analyse historique du réemploi de béton, la modélisation numérique, la découpe sélective et la conception réversible constituent les autres axes explorés, posant les bases d'une construction circulaire fondée sur la réutilisation systématique du béton existant.

Intégration d'éléments de réemploi en bois et en acier dans les structures porteuses

» Développement de logiciels d'optimisation.

Le stock bâti suisse comme mine urbaine

» Quantification et qualification du potentiel réel.

Projet phare 2024



Caractériser l'évolution du bâti et sa composition en matériau

» Conclu en 2024, un projet a cartographié et analysé l'impact environnemental incorporé des structures porteuses des bâtiments de Genève construits entre 1850 et 2018. Les auteur·rices ont développé 48 archéotypes de structures (maçonnerie, béton, acier, etc.) appliqués à 84'477 bâtiments via une fonction de similarité pondérée et une base SIG. Les résultats révèlent une réduction dans le temps de 37% du volume structurel par m² plancher, une augmentation de 10% de la masse des structures et que les bâtiments antérieurs à la transition maçonnerie – béton généreraient 7% d'émissions supplémentaires aujourd'hui, tandis que les immeubles multifamiliaux émettent 14% de gaz à effet de serre (par surface) en moins que les maisons individuelles. Cette approche historique et typologique fournit un outil pour orienter la rénovation durable, comparer les stocks anciens et récents, et mieux intégrer l'empreinte grise des structures dans la planification urbaine.

Publications récentes

Lambic, Barbara; Bastien Masse, Maléna; and Fivet, Corentin; 2024
How Gained Experience Influences Perceived Levers and Barriers of Reuse Practices: Learning from North Americans
Sustainability 16, no. 24: 10999

Fivet, Corentin; De Wolf, Catherine Elvire L.; Menny, Thibaut; Vanbutsele, Sérena; Stephan, André; 2024
Multiscale Spatiotemporal Characterization of Embodied Environmental Performance of Building Structures in Geneva from 1850 to 2018
Cleaner Environmental Systems, 100194.
 DOI: 10.1016/j.cesys.2024.100194

Bastien Masse, Maléna; Küpfer, Célia Marine; Fivet, Corentin; 2024
A concrete answer for circular construction: three prototypes reusing saw-cut elements
The Structural Engineer, 102, 32-37. DOI: 10.56330/ZMSY4716

Partenaires

- » Morand Constructions Métalliques
- » Sika
- » Antiglio SA
- » Bluefactory SA
- » Marti Construction
- » Friderici Special
- » SKAT Consulting
- » UAWRA Recycling Association of Ukraine
- » Eindhoven University of Technology (TU/e) (Pays-Bas)
- » Haute École d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg (HEIA-FR)
- » Penn State University (Etats-Unis)
- » Ville d'Écublens
- » Ville de Lausanne
- » Canton de Vaud

Institut pour le droit suisse et international de la construction

Innovation juridique pour la durabilité, la qualité, l'absence de litige et la sécurité dans l'environnement bâti



© dr



« La manière la plus efficace de rendre les marchés publics durables est de concevoir stratégiquement l'objet à acquérir. »

Martin Beyeler
Directeur du Groupe LAW

En 2024, le groupe LAW (Institut pour le droit suisse et international de la construction) du Smart Living Lab a continué à renforcer sa position de référence en matière de droit de la construction et de réglementation des infrastructures critiques, en mettant particulièrement l'accent sur la durabilité, les marchés publics, les contrats d'alliance de projets et la cybersécurité.

En Suisse, plusieurs lois sur les marchés publics ont été révisées successivement depuis 2019, notamment dans certains cantons. Le groupe LAW, qui suit et analyse de près ces évolutions, a mené en 2024 une étude influente sur la durabilité dans les marchés publics. Cette contribution examine comment les exigences écologiques et sociales transforment les procédures de passation des marchés publics, apportant ainsi la clarté tant attendue dans un domaine encore en développement. En outre, une monographie à paraître abordera la question de l'égalité et du rééquilibrage dans les procédures d'appel d'offres et examinera les tensions entre l'égalité de traitement et les politiques d'inclusion dans les marchés publics.

Dans les contrats de conception et de construction traditionnels, les risques et les bénéfices sont généralement partagés exclusivement entre les parties, ce qui crée de fortes incitations au déni de responsabilité et à l'inefficacité. En réponse à cette situation, des contrats d'alliance de projets ont été développés au niveau international afin d'encourager le partage des responsabilités

et la coopération constructive entre les parties prenantes. Le groupe a contribué de manière décisive au développement de contrats d'alliance de projet tels que le document technique SIA 2065, en collaboration avec la SIA, la SSE et suisse.ing. Publié en 2024, ce manuel propose un modèle de contrat adapté au droit suisse, qui vise à encourager la coopération entre les acteur·rices de la construction et à surmonter les incitations négatives des contrats traditionnels. Après un vaste processus de consultation et de révision, il est devenu un document de référence pour la pratique contractuelle suisse.

Les sociétés modernes s'appuient sur une grande variété d'infrastructures physiques pour permettre et maintenir le mode de vie qu'elles ont adopté et les activités qu'elles souhaitent développer dans leur économie. L'exploitation et la sécurité de ces infrastructures ont toujours constitué un enjeu juridique important. Les recherches du groupe dans ce domaine se sont poursuivies ces dernières années jusqu'à aujourd'hui, en mettant l'accent sur la protection juridique des réseaux électriques contre les menaces numériques, contribuant ainsi à façonner la réglementation dans le domaine de la transition énergétique et de la résilience de la société.

Par ces initiatives, le groupe LAW réaffirme son engagement en faveur de l'innovation juridique au service de la durabilité, de la qualité, de l'absence de litiges et de la sécurité dans l'environnement bâti. Sa recherche académique est étroitement liée à la pratique professionnelle et à l'enseignement dans le

cadre de programmes de formation continue (CAS), créant ainsi un pont entre le monde académique, les institutions et le secteur privé. De cette manière, le groupe contribue activement à la mise en place des bases juridiques et institu-

tionnelles nécessaires pour relever les défis de la transition écologique, de la numérisation et des pratiques collaboratives dans le secteur de la construction.

Principaux projets au Smart Living Lab

Alliances de projet : une nouveauté de la dernière décennie

» L'alliance de projet est un modèle d'organisation novateur en Suisse pour les projets de construction. Le contrat d'alliance est conclu entre le maître d'ouvrage et les principaux acteur·rices de la planification et de l'exécution. Les parties s'engagent à adopter une approche intégrée et partenariale, à assumer conjointement les risques du projet et à mettre en place un système de rémunération spécifique qui encourage la coopération. L'objectif est de construire, en collaboration, un ouvrage de haute qualité, dans les délais et dans les limites du budget.

Un groupe de travail initié par la SIA et soutenu par la SSE et suisse.ing a élaboré, avec la participation d'experts et de l'Institut du droit suisse et international de la construction, le cahier technique SIA 2065 (2024) ainsi qu'un contrat type (2025). Les premiers projets d'infrastructure ont déjà été mis au concours sur cette base. L'Institut a mis à disposition son expertise juridique, clarifié les questions juridiques ouvertes et participé à l'élaboration du cahier technique et du contrat type.

Projet phare 2024



La durabilité dans les marchés publics (Sustainability of public procurement)

» La nouvelle législation suisse sur les marchés publics, entrée en vigueur en 2021, reconnaît explicitement l'importance des aspects de durabilité environnementale et sociale dans les marchés publics. Les pouvoirs adjudicateurs sont tenus de prendre en compte ces critères parallèlement aux aspects économiques lors de leurs achats. Ils disposent en outre de divers instruments leur permettant de promouvoir la durabilité environnementale et sociale de leurs achats.

Dans le cadre de ce projet de recherche, une étude est menée pour déterminer quelles sont les obligations et les possibilités concrètes des pouvoirs adjudicateurs en matière de durabilité de leurs achats. Les différentes phases du processus d'achat sont examinées séparément, d'autant plus que la portée et l'efficacité des mesures visant à promouvoir la durabilité peuvent varier considérablement selon qu'elles concernent des décisions stratégiques fondamentales en matière d'achat ou le choix entre différentes offres concrètes dans le cadre de la procédure d'adjudication.

L'une des conclusions de l'étude est que le droit des marchés publics laisse une très grande marge de manœuvre, en particulier pour les décisions stratégiques, celles-ci ayant par définition une grande efficacité. Dans le cadre de la procédure d'adjudication elle-même, les dispositions applicables du droit des marchés publics fixent toutefois certaines limites, empêchant notamment qu'un marché nécessaire à l'accomplissement des tâches publiques soit utilisé pour promouvoir certains objectifs de durabilité qui ne sont pas (directement) liés à la durabilité du marché concerné.

Publications récentes

Beyeler, Martin
Sustainability of public procurement, Quelques thèses sur la durabilité des marchés publics
Bellanger/Bernard (editors), Le droit public face à la transition écologique, Zurich/Geneva 2024, pp. 121-249

Beyeler, Martin
Equality and equalization in public tender procedures
Gleichbehandlung und Gleichstellung im Vergabeverfahren; to be published

Simon, Clea
Cybersecurity law and power grids
PhD project; ongoing

Institut Human-IST

Comprendre et améliorer le confort humain dans son environnement naturel



L'Institut Human-IST s'appuie sur son expertise en matière d'interaction humain-machine (IHM) pour développer des méthodes et des outils qui aident à comprendre et à améliorer l'interaction humain-bâtiment (IHB). En utilisant une approche de conception centrée sur l'utilisateur·rice et des outils informatiques, l'institut observe le comportement des occupant·es et développe des technologies durables centrées sur l'humain. Ces technologies permettent aux occupant·es des bâtiments de mieux contrôler leur environnement et de le rendre ainsi plus sain, plus confortable, plus efficace et plus durable.

Au cours des dix dernières années, l'institut Human-IST s'est développé parallèlement au Smart Living Lab (SLL), contribuant ainsi à son caractère interdisciplinaire. Les premiers projets ont porté sur des dispositifs intelligents d'interaction entre l'humain et le bâtiment, tels que la Comfort Box, un compagnon interactif qui suggère des interventions pour préserver le confort, le luminaire Insolight, un plafonnier qui permet à l'utilisateur·rice de diriger le faisceau lumineux, et l'application MUBI, qui offre une interface mobile pour les données du

bâtiment. Les projets plus récents ont pris de l'ampleur et ont donné lieu à plusieurs expériences utilisateur·rices, dont certaines se sont déroulées directement dans la Halle bleue ou dans le pavillon CELLS.

Les principaux projets menés par Human-IST dans le cadre du SLL sont tous collaboratifs. AirSpecs est une collaboration avec le MIT Media Lab et la NUS Singapore pour comprendre le confort dans la vie quotidienne et à travers les cultures à l'aide de dispositifs portables. ComfortBox est un dispositif de prédiction de l'inconfort qui a fait l'objet d'une demande de brevet et a été développé en collaboration avec Logitech. Dans le cadre de l'expérience HBI, qui a remporté deux ACM CHI Best Paper Awards, nous avons suivi les utilisateur·rices de vingt espaces de bureau, y compris des zones collaboratives et calmes, à l'aide de capteurs de mouvement et de confort distribués, afin de déterminer objectivement les besoins et le comportement des usager·ères. Un autre projet, Lucideles, développé par Human-IST et l'institut de recherche Idiap à Martigny (VS), s'est concentré sur la gestion de l'éclairage centrée sur l'humain, en utilisant des simulations et l'apprentissage automatique pour ajuster dynamiquement l'éclairage et les stores en temps réel.

Human-IST a participé avec des partenaires SLL à des projets nationaux et internationaux, y compris le projet SWICE, qui a réuni 80 chercheur·euses de toute la Suisse, pour tester des stratégies visant à encourager la population à contribuer à la transition énergétique de 2050. Dans ce contexte, Human-IST développe des outils de recherche interactifs capables de mesurer l'activité et les comportements de mobilité des participant·es. Au niveau international, le professeur Denis Lalanne collabore avec le professeur Joe Paradiso du MIT Media Lab, laboratoire de la MIT School of Architecture and Planning qui est l'un des instituts du Massachusetts Institute of Technology aux Etats-Unis, et a dirigé plusieurs projets de recherche, tels que AirSpecs, ainsi que des ateliers (sur la collaboration entre l'homme et l'IA et la détection distribuée).

Human-IST a également contribué à la mise en place des éditions du programme d'échange ARC-HEST entre la Suisse et la Corée du Sud, dont la troisième s'est récemment achevée avec l'EPFL, l'Unifr, la HEIA-FR, EWHA, Hanyang University et SungKyunkwan, et a donné lieu à des échanges d'étudiant·es à plus long terme.

Dans l'ensemble, l'Institut Human-IST apporte une contribution importante au Smart Living Lab et s'engage dans de nombreuses collaborations et projets académiques communs. En retour, le SLL soutient le développement de Human-IST en fournissant une excellente infrastructure et un contexte propice au lancement de projets.

Principaux projets au Smart Living Lab

ComfortBox

» La ComfortBox est un dispositif personnel intelligent conçu pour anticiper et prévenir l'inconfort dans les bâtiments en y surveillant l'éclairage, le son, la qualité de l'air et la température. En informant les occupants des problèmes avant qu'ils ne se manifestent, il améliore le bien-être et la productivité. Il inclut des capteurs et des algorithmes prédictifs et son approche innovante a fait l'objet d'une demande de brevet. Dans le cadre d'un projet Innosuisse avec Logitech, l'intégration dans les environnements de bureau a été poussée plus loin. Sur cette base, l'AirSpecs, qui a été testé à Boston, Singapour et Fribourg, est apparu comme une extension plus personnelle sous la forme de lunettes intelligentes qui fournissent un retour d'information subtil sur l'inconfort. Les enseignements tirés de la ComfortBox ont également inspiré l'expérience HBI, où un suivi effectué dans 20 bureaux a permis de mesurer objectivement les besoins des utilisateur·rices. Enfin, Lucideles a traduit ces principes en une gestion adaptive de l'éclairage qui utilise l'apprentissage automatique pour concilier confort et efficacité énergétique.

Projet phare 2024

AirSpecs

» L'AirSpecs est une paire de lunettes intelligentes conçue pour mesurer l'inconfort et fournir un retour d'information non intrusif par l'émission périphérique d'une lumière discrète. Le système, développé au MIT Media Lab, combine des capteurs portables et des indices environnementaux pour aider les utilisateur·rices à prendre conscience des facteurs environnementaux avant que ceux-ci n'affectent leur bien-être. Pendant son séjour de recherche au MIT, Sailin Zhong de Human-IST a utilisé l'AirSpecs pour comparer la perception du confort dans trois contextes différents (Fribourg, Boston et Singapour), afin de comprendre comment les différences culturelles et climatiques influencent les réactions humaines à la lumière, au son, à l'air et à la température. En étendant la détection du confort à un appareil portable personnel, l'AirSpecs a ouvert de nouvelles possibilités d'étudier les expériences subjectives en temps réel et dans différents environnements, créant ainsi un lien entre la recherche en laboratoire et la vie quotidienne.

Publications récentes

Chwalek, Patrick; Zhong, Sailin; Perry, Nathan; Liu, Tianqi; Miller, Clayton; Alavi, Hamed Seied; Lalanne, Denis; Paradiso, Joseph A. (2024)

[A dataset exploring urban comfort through novel wearables and environmental surveys](#)

Scientific data, 11, Scientific Data, 11, 1423.
DOI: 10.1038/s41597-024-04279-9

Zhong, Sailin; Chwalek, Patrick; Perry, Nathan; Ramsay, David; Miller, Clayton; Lalanne, Denis; Alavi, Hamed Seied; Paradiso, Joseph; 2024

[Sensors and Sensibilities: Exploring Interactions for Habitat Comfort with an Environmental-Physiological Sensing Eyewear in the Wild](#)

SSRN. DOI: 10.2139/ssrn.4943028

Papinutto, Michael; Boghetti, Roberto; Colombo, Moreno; Basurto, Chantal; Reutter, Cornelius; Lalanne, Denis; Kampf Jérôme H.; Nembrini, Julien; 2022

[Saving energy by maximising daylight and minimising the impact on occupants : An automatic lighting system approach](#)

Energy and Buildings, 268, 112176 (2022).
DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112176

Partenaires

» MIT Media Lab

» OFEV (Office fédéral de l'environnement)

» National University of Singapore

» Prona

» Regent Beleuchtungskörper AG, Bâle

» Bluefactory SA

» ZHAW, Institut für Nachhaltige Entwicklung

» EPFL

» Institut ENERGY, HEIA-FR

» Empa

» Institut TRANSFORM, HEIA-FR

» ETH Zurich

» HSLU, Hochschule Luzern

» SUPSI, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana

» UNIGE, Université de Genève

» Unil, Université de Lausanne

Laboratoire HOBEL

Des environnements intérieurs sains pour l'être humain et la planète



© dr

« Chez HOBEL, nous considérons les bâtiments comme des systèmes vivants qui influencent quotidiennement la santé humaine. Notre mission est de produire des données scientifiques qui expliquent non seulement le comportement des polluants à l'intérieur des bâtiments, mais qui fournissent également des solutions concrètes pour des environnements bâtis plus sains, plus équitables et plus durables. »

Dusan Licina

Directeur du Laboratoire HOBEL

Le HOBEL (Human-Oriented Built Environment Lab) de l'EPFL étudie l'impact de l'environnement bâti sur la santé et le bien-être des personnes, en mettant l'accent sur la qualité de l'air intérieur (QAI) et l'efficacité énergétique.

Créé en 2018 au sein du Smart Living Lab à Fribourg, HOBEL étudie les interactions complexes entre les personnes, les polluants et les bâtiments. Notre mission est de garantir des environnements intérieurs plus sains et plus durables en approfondissant nos connaissances dans quatre domaines clés : (1) les sources et les concentrations de polluants atmosphériques dans les bâtiments, (2) la dynamique et le devenir des polluants dans les environnements intérieurs, (3) l'exposition humaine par inhalation et (4) la détection et la gestion de la QAI.

Au cours de la dernière décennie, nos recherches ont fourni des informations fondamentales et des solutions pratiques qui jettent des ponts entre la science, la technologie et la politique. Nous avons été les premiers à quantifier l'impact de la certification WELL Building sur la QAI, nous avons mené la plus grande étude suisse sur la qualité de l'air dans les écoles et les logements et nous avons développé des stratégies pour réduire les polluants issus de la rénovation énergétique. Notre travail a mis en évidence de nouveaux mécanismes d'émissions

anthropiques, comme la génération de particules par des réactions entre la peau et l'ozone, et des méthodes avancées d'évaluation de l'exposition par le « nuage personnel ».

HOBEL a également été le pionnier de stratégies de surveillance et de contrôle affinées, y compris l'évaluation de capteurs peu coûteux, d'indicateurs d'exposition basés sur la vidéo et de cadres de détection optimisés de QAI, qui ont inspiré les directives de l'ASHRAE. Il est important de mentionner que notre recherche va au-delà du simple bâtiment, en établissant des liens entre la qualité de l'air extérieur, l'environnement urbain, la consommation d'énergie et la santé des occupants.

Pour soutenir ce travail, nous avons mis en place une infrastructure expérimentale de premier ordre, comprenant des chambres climatiques à grande échelle, un mannequin respirant et capable de marcher, et une tête unique qui génère des aérosols en toussant. Ces installations, rares au monde, attirent des collaborations internationales et permettent des avancées significatives dans les domaines des systèmes de construction, de la science de l'exposition, de la dynamique des polluants de l'air intérieur et du suivi environnemental.

Aujourd'hui, HOBEL continue de servir de référence pour la science interdisciplinaire à fort impact dans le domaine du bâtiment sain et durable, influençant les normes mondiales tout en formant la prochaine génération d'experts.

Principaux projets au Smart Living Lab

Chambres climatiques environnementales (2018 – 2021)

» Conception et mise en service de chambres expérimentales de premier ordre à l'EPFL Fribourg, permettant des études contrôlées sur les émissions de polluants, la dynamique des aérosols et l'exposition des participants humains.

Campagne suisse sur la qualité de l'air dans les écoles (2019 – 2023)

» La plus grande enquête sur la qualité de l'air dans les écoles suisses, qui établit un lien entre le CO₂, les particules et la ventilation d'une part, et la santé et les performances scolaires d'autre part. Les résultats ont conduit à des recommandations de santé publique et ont mis en évidence les avantages de la ventilation mécanique pendant et après la pandémie du COVID-19.

Émissions humaines et mécanismes d'exposition (2018 – 2024)

» Cette recherche a révélé le rôle de la peau, des vêtements et des produits de soins personnels dans la génération de polluants intérieurs, y compris l'importante découverte de la formation de particules par des réactions entre la peau et l'ozone.

SWICE (2020 – en cours)

» Le projet national SWEET sur le bien-être durable dans le cadre de la transition énergétique, axé sur la collecte de données centrées sur l'humain et l'équilibre entre la qualité de l'air intérieur, le confort et l'énergie.

INPERSO (2022 – en cours)

» Projet Horizon Europe visant à développer des stratégies de rénovation personnalisées et l'indice ATLAS IEQ pour l'évaluation comparative des environnements intérieurs.

ICARUS (EPFL, 2024 – en cours)

» Équilibrer la régulation du climat intérieur et le contrôle des agents pathogènes afin de minimiser la consommation d'énergie et l'impact sur la santé publique dans les environnements urbains.

Publications récentes

Belias, Evangelos; Licina, Dusan. (2023) [European residential ventilation: Investigating the impact on health and energy demand](#) Energy and Buildings, 304, 113839. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113839enbuild.2023.113839

Wu, Tiarren; Müller, Tatjana; Wang, Nijing; Byron, Joseph; Langer, Sarka; Williams, Jonathan; Licina, Dusan; 2024 [Indoor Emission, Oxidation, and New Particle Formation of Personal Care Product Related Volatile Organic Compounds](#) Environmental Science & Technology Letters, 1053-1061. DOI: 10.1021/acs.estlett.4c00353

Altomonte, Sergio; Kacel, Seda; Martinez, Paulina Wegertseder; Licina, Dusan. (2024) [What is NExT? A new conceptual model for comfort, satisfaction, health, and well-being in buildings](#) Building and Environment, 252, 111234. DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.111234

Projet phare 2024

RENOMIZE (Horizon Europe, 2024 – en cours)

» Le projet introduit une approche de rénovation entièrement intégrée couvrant l'ensemble du cycle de vie des bâtiments, de l'évaluation et la planification à la mise en œuvre, la maintenance et le démantèlement en fin de vie. L'objectif est de réduire le temps et les coûts de rénovation de plus de 25% tout en garantissant une haute qualité de l'environnement intérieur (IEQ). Le projet développe des outils numériques d'aide à la décision, des systèmes avancés de gestion de l'espace et du temps, des solutions modulaires pour l'intégration des façades et des systèmes CVC, ainsi que des installations de panneaux robotisés. Il explore également l'automatisation industrielle afin d'améliorer la qualité et l'évolutivité des éléments de rénovation préfabriqués. Des rénovations pilotes sont menées dans quatre bâtiments de démonstration à travers l'Europe. Au sein de RENOMIZE, HOBEL dirige l'évaluation de l'impact sur le QEI et la ventilation par le biais de mesures longitudinales sur site, d'évaluations de l'occupation et de la ventilation et des enquêtes auprès des occupants afin de s'assurer que les innovations restent à la fois efficaces et centrées sur l'humain.

Partenaires

» Honeywell (Givisiez et Rolle, Suisse)

» Siemens (Zoug, Suisse)

» Estia (Lausanne, Suisse)

» United States Green Building Council (San Francisco, Etats-Unis)

» ArcSkoru (Washington DC, Etats-Unis)

» CBRE Real Estate (Amsterdam, Pays-Bas)

» Sensirion (Stäfa, Suisse)

» WindowMaster (Trimbach, Danemark)

Laboratoire ICE

Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments grâce à un contrôle personnalisé de la climatisation



« Ce n'est qu'en adoptant une approche centrée sur l'individu que nous pourrons dépasser le paradigme obsolète du « modèle unique » dans la conception et l'exploitation des bâtiments. »

Dolaana Khovalyg
Directrice du Laboratoire ICE

Le chauffage et la climatisation représentent entre 20 et 70% de la consommation totale d'énergie d'un bâtiment, en fonction du type de bâtiment et des conditions climatiques. Le changement climatique entraînant une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, la demande d'énergie pour la climatisation des espaces intérieurs devrait augmenter. Il est donc important de repenser le fonctionnement des bâtiments et de développer des solutions qui allient efficacité énergétique et bien-être des occupants.

Le climat intérieur des bâtiments est généralement conçu et géré selon des conditions standardisées, basées sur la « personne lambda ». Cette approche universelle dépassée, qui suppose également des conditions uniformes et stables, ne peut souvent pas offrir un bien-être optimal à tous les occupants. Elle contribue donc à creuser l'écart entre la consommation d'énergie prévue et la consommation réelle dans les bâtiments. L'introduction d'une approche plus personnalisée de la climatisation des espaces intérieurs est la prochaine étape importante pour améliorer l'ergonomie de l'environnement thermique. C'est pourquoi la recherche du laboratoire ICE se concentre sur une approche orientée vers l'utilisateur·rice afin de réduire l'intensité énergétique de la climatisation des bâtiments tout en prenant en compte le confort et le bien-être des personnes grâce à une conception

et un contrôle avancés de systèmes thermiques adaptatifs et personnalisés.

La recherche du laboratoire ICE combine l'innovation et la conception centrée sur l'humain dans quatre domaines clés : les facteurs humains, la détection et la modélisation, le contrôle et l'exploitation, et la technologie et l'énergie.

» **Facteurs humains** : nous étudions la manière dont les personnes perçoivent les changements dans leur environnement thermique et s'y adaptent. Nos recherches portent sur la manière dont un conditionnement thermique personnalisé et localisé peut améliorer le confort, le bien-être et la productivité, et sur la manière dont les personnes s'adaptent à une chaleur et à un froid modérés à court et à long terme.

» **Détection et modélisation** : nous concevons des solutions de détection intelligentes et non intrusives pour les bâtiments. En utilisant des approches physiques et basées sur des données, nous modélisons la production et l'émission de chaleur humaine et développons des prévisions pour un confort thermique personnalisé et localisé.

» **Contrôle et exploitation** : notre travail se concentre sur le développement de systèmes de contrôle intelligents, centrés sur l'utilisateur·rice, qui rendent les bâtiments plus réactifs et efficaces. Nous développons des stratégies de contrôle à objectifs multiples qui optimisent le confort, la consommation d'énergie et le bien-être, ouvrant ainsi la voie à un contrôle personnalisé et adaptatif du climat intérieur.

» **Technologie et énergie** : nous associons la recherche à des applications concrètes par le développement pratique de matériel. Il s'agit notamment d'évaluer les performances des systèmes personnalisés de contrôle de l'environnement (PECS) existants et de développer des concepts de nouvelle génération qui offrent une efficacité énergétique maximale et un confort réellement personnalisé.

Le laboratoire ICE combine des méthodes expérimentales, informatisées et basées sur des données dans tous ses domaines de recherche. Le cœur de notre travail expérimental est une chambre climatique sur mesure, qui offre une flexibilité et

une modularité exceptionnelles et permet une large gamme de configurations de chauffage, de refroidissement et de ventilation. À l'aide d'instruments de pointe, nous mesurons les réactions physiologiques des personnes et les conditions thermiques des environnements intérieurs et extérieurs. Pour approfondir nos analyses, nous utilisons également des outils de simulation, notamment EnergyPlus, OpenStudio, TRNSYS, ENVI-met et des modèles de thermorégulation humaine. Notre travail comprend à la fois des expériences contrôlées en laboratoire et des études sur le terrain, ce qui garantit que nos conclusions sont à la fois scientifiquement fondées et applicables dans la pratique.

Projet phare 2024

Prévision de la consommation dynamique d'énergie du corps humain à l'aide d'une modélisation basée sur des données

» Cette étude présente une nouvelle approche pour prévoir la consommation d'énergie du corps humain, en prenant en compte non seulement l'activité physique, mais aussi la température ambiante et la prise alimentaire. À partir des données recueillies par plusieurs capteurs portables sur six personnes, nous avons développé des modèles dynamiques utilisant des réseaux LSTM (Long Short-Term Memory) pour détecter des modèles au fil du temps. Les modèles ont prévu avec précision la consommation d'énergie, avec des erreurs de seulement 5 à 15% pour les activités d'intensité faible à moyenne. Dans la version améliorée, les modèles d'ensemble combinant le LSTM et l'algorithme de gradient boosting ont donné des résultats encore meilleurs. Chaque modèle a été adapté en termes de paramètres d'entrée et de caractéristiques pour chaque personne, ce qui montre que les approches personnalisées peuvent prévoir plus précisément la dépense énergétique humaine dans la vie quotidienne.

Publications récentes

Perez Cortes, Victoria; Chatterjee, Arnab; Khovalyg, Dolaana. (2024) [Prediction of dynamic human body energy expenditure using Long-Short Term Memory \(LSTM\) networks](#)
Biomedical Signal Processing & Control, v. 87, 105381
DOI: 10.1016/j.bspc.2023.105381

Cho, Eun Ji; Khovalyg, Dolaana; Nam, Sung Taeg. (2024) [Reframing 'Primitive Huts' from Structural to Environmental Techniques and Their New Interrelationship in the Machine Age](#)
Buildings, 14, 4072. DOI: 10.3390/buildings14124072

Younes Jaafar; Khovalyg Dolaana. (2025) [Rethinking Local Thermal Sensation Prediction: The Role of Heat Flux over Skin Temperature in Personalized Models](#)
Building and Environment, v. 281, 113195.
DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113195

Partenaires

- » Empa
- » Université de Fribourg
- » Princeton University (Etats-Unis)
- » greenteg AG
- » Politecnico di Torino (Italie)

Institut iTEC

Innover pour une construction durable et circulaire



« Notre ambition est de transformer la recherche en solutions concrètes, en combinant sobriété des ressources, expérimentation collaborative et ancrage territorial. »

Fabienne Favre Boivin
Responsable de l’Institut iTEC

Depuis son intégration au Smart Living Lab en 2019, l’institut iTEC de la HEIA-FR s’est engagé dans une trajectoire ambitieuse visant à réduire l’impact environnemental de la construction tout en renforçant sa qualité et sa résilience. Cette démarche, résumée par la devise « faire mieux avec moins », se traduit par une série de projets novateurs ancrés dans les réalités du territoire.

Au cœur de cette approche, iTEC a exploré de nouvelles générations de matériaux. Les projets TISLA et CIMI ont permis de tester des bétons allégés et biosourcés, intégrant des composants recyclés ou issus de la biomasse. Ces recherches ont ouvert la voie à des solutions constructives plus sobres, adaptées aux enjeux de densification urbaine et de réduction de l’empreinte carbone.

Parallèlement, l’institut a investi dans le réemploi avec des projets tels que Multivie et ReuSlab, qui ont repensé la modularité et la réutilisation des éléments structurels. Ces initiatives ont abouti à des collaborations fructueuses avec l’EPFL et ont même conduit à la création d’une startup, illustrant le potentiel de transfert entre la recherche académique et l’innovation entrepreneuriale.

L’intégration de l’intelligence artificielle dans les processus de construction a marqué une nouvelle étape dans l’évolution de iTEC. Les projets Orcademo et Ass4.2, achevés en 2024, ont permis de développer des outils de diagnostic automatisés pour la reconnaissance des matériaux et des modes constructifs, renforçant les capacités d’analyse et de suivi des ouvrages.

Enfin, l’institut a consolidé son engagement dans les méthodes Living Lab avec des projets comme LASOL et REUSE@Lab. LASOL explore la valorisation des sols dans l’aménagement urbain, en impliquant les acteurs publics et privés dans une démarche collaborative pour optimiser l’utilisation des sols existants dans la construction. De son côté, REUSE@Lab s’inscrit dans une logique de circularité des matériaux, désormais renforcée par la plateforme numérique FriSource, qui facilite la mise en réseau des ressources réemployables à l’échelle régionale. L’institut cherche à se positionner au plus près des utilisateur·rices finales et finaux, comme dans le projet i2B, un Living Lab définissant des infrastructures urbaines pour et avec les personnes souffrant d’une déficience visuelle partielle ou totale.

À travers cette trajectoire, iTEC a su conjuguer sobriété, innovation et coopération. Son impact sur le secteur est tangible : l’institut s’affirme comme un acteur clé du Smart Living Lab, contribuant activement à la transformation durable de l’environnement bâti.

Principaux projets au Smart Living Lab

REUSE@LAB - Faciliter le réemploi des éléments constructifs via la plateforme FriSource

» Le projet REUSE@LAB se concentre sur le réemploi des éléments de construction en les transformant le moins possible, afin de réduire la consommation de ressources et d’énergie. Cette démarche, qui promeut une économie circulaire, incite l’ensemble des acteur·rices de la construction – maîtres·sses d’ouvrage, concepteur·rices, entreprises et administrations – à repenser leur manière de concevoir, construire et gérer les bâtiments. En créant des ponts entre ces parties prenantes, REUSE@LAB facilite la collaboration nécessaire à cette transition. La plateforme FriSource, issue de ce projet, permet de mettre en réseau ces acteur·rices en partageant des matériaux réemployables, afin de favoriser l’adoption de solutions durables et innovantes pour la construction de demain.

TISLA 2DFX / CIMI

» Développement de bétons allégés et biosourcés à base de sciure et d’agrégats recyclés.

ORCADEMO / Ass4.2

» Intégration de l’IA pour la reconnaissance automatisée de matériaux et de modes constructifs.

ReuSlab - prototype de dalle modulaire réutilisable

» Système porteur de bâtiment modulaire, réutilisable et adaptable.

Projet phare 2024



© Thomas Delley

LASOL - Valorisation des sols dans l’aménagement urbain via un Living Lab à Chamblion-Bertigny

» Le projet LASOL vise à intégrer la valeur des sols dans les processus d’aménagement du territoire, un enjeu crucial pour atteindre les objectifs de la stratégie Sol Suisse et les Objectifs de Développement Durable. Actuellement, les services écosystémiques rendus par les sols sont souvent négligés lors de la planification urbaine. LASOL cherche à répondre à cette problématique en rassemblant, au sein d’un Living Lab, les acteur·rices clés des projets d’aménagement. Le projet se concentre sur le secteur de Chamblion-Bertigny à Fribourg, et cherche à développer des méthodes permettant d’inclure la gestion durable des sols dans les projets d’urbanisme, tout en assurant une transmission fluide de l’information entre les différentes parties prenantes tout au long du processus.

Publications récentes

Estrella, Xavier; Muresan, Alex; Brütting, Jan; Redaelli, Dario; Fivet, Corentin. (2024)

RE:SLAB—a load bearing system for open-ended component reuse in building structures. *Frontiers in Built Environment*

Frontiers in Built Environment. DOI: 10.3389/fbuil.2024.1355445

Ston, Julien; Zwicky, Daia. 2024

Exploration of lightweight binders and aggregates made from biomass waste

Proceedings of the International Conference on Concrete Sustainability (FIB ICCS), 11-13 September 2024, Guimarães, Portugal

Favre Boivin Fabienne; Vanbutsele Séréná; Riondel Julie; Falque Juliette; Cosandey Anne-Claude; Martin David. (2024)

LASOL: a Living Lab to help integrate soil protection into special planning and construction

2024 Proceedings of the ISSS celebrations, in press

Partenaires

» EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne)

» Innosuisse (Innovation Booster Living Labs for Decarbonisation)

» Fédération Fribourgeoise des Entrepreneurs (FFE)

» Construction Fribourg

» État de Fribourg

» Ville de Fribourg

» Progin SA

» Vial SA

» Durabilitas

» Stephan

» JPF

» Holcim

» Fédération suisse des aveugles et malvoyants

Laboratoire ETHOS

Intégrer les objectifs sociaux et environnementaux pour un environnement bâti durable



© Artur Tumasjan



« Promouvoir des villes durables et centrées sur la personne passe par une meilleure compréhension des interactions entre l'humain et le bâti. »

Andrew Sonta

Directeur du Laboratoire ETHOS

La vision d'ETHOS est d'exploiter les données et les technologies informatiques modernes pour concevoir des interventions à différentes échelles de l'environnement bâti, répondant à des objectifs sociaux et environnementaux. Les recherches menées à ETHOS se concentrent sur les interactions entre les personnes et l'environnement bâti pour identifier des pistes vers des bâtiments, des quartiers et des villes plus durables.

En saisissant mieux la manière dont les personnes (occupant·es, résident·es, utilisateur·rices, piéton·nes) interagissent avec leur environnement bâti, nous pouvons élaborer des stratégies de conception et de gestion qui optimisent nos expériences humaines et nos objectifs de durabilité environnementale. Voici quelques exemples illustrant comment nos recherches visent à réaliser cette intégration :

» L'élaboration et la mise en œuvre de capteurs et d'enquêtes pour comprendre comment les personnes utilisent les espaces des bâtiments et interagissent entre elles peuvent conduire à des suggestions ou des rénovations simples qui permettent d'économiser de l'énergie tout en favorisant les interactions sociales et la collaboration.

» À l'ère du travail hybride, nous pouvons améliorer les performances des bâtiments en étudiant l'impact des politiques de travail flexibles sur plusieurs aspects : la productivité et le bien-être des employé·es, les besoins en espace des immeubles de bureaux et la consommation d'énergie.

» Avec le déploiement croissant de sources d'énergie renouvelables, l'intermittence rend l'équilibre entre l'offre et la demande délicat. Les stratégies de réponse à la demande, comme le transfert et la réduction de la charge des bâtiments, peuvent être optimisées grâce à des capteurs intelligents sophistiqués, qui fournissent des informations sur l'occupation et les risques potentiels pour le confort des occupant·es.

» Au niveau urbain, les techniques basées sur les données peuvent nous aider à comprendre ce qui contribue à la praticabilité piétonne d'une ville et comment une conception efficace sur le plan énergétique et axée sur la praticabilité piétonne peut également avoir un impact sur la capacité des quartiers à former des communautés socialement cohérentes.

Principaux projets au Smart Living Lab

15min Estates : Co-création de stratégies spatiales pour une mobilité juste et durable dans les grands ensembles résidentiels / FNS

» Le projet examine le nexus de (1) l'espace urbain, (2) les options de transport, et (3) les besoins et capacités des personnes en tant que dimensions clés pour les transitions vers une mobilité durable. Avec un accent particulier sur les lotissements de grande superficie (LHE), environnements urbains complexes qui abritent de nombreux habitants dans toute l'Europe, le projet vise à co-créer des stratégies et interventions spatiales localement adaptées et acceptées pour une mobilité juste et durable. Le projet adopte une approche d'étude de cas comparative, en se concentrant sur cinq LHE en Bulgarie, Hongrie, Allemagne, Pays-Bas, et Lettonie. ETHOS dirige les efforts pour modéliser et développer des interventions urbaines qui améliorent l'accessibilité dans les 15minESTATES.

UrbanTwin, un jumeau numérique urbain pour l'action climatique : Évaluation des politiques et des solutions pour l'énergie, l'eau et l'infrastructure, ETH Joint Initiative

(Apprentissage automatique) Étude des impacts économiques des politiques de construction de logements écologiques en Suisse, Enterprise4Society

Projet OptUSE (Optimisation du lieu de travail physique pour la performance socio-environnementale urbaine), subvention ENAC Fribourg

» Le projet vise à modéliser et optimiser les politiques de travail hybride pour concilier bien-être, efficacité et durabilité. Il propose un cadre d'aide à la décision équilibrant interactions, énergie, espace et transport.

Projet phare 2024

Mesurer la valeur sociale des bâtiments grâce aux données des capteurs ambients, FNS

» Les immeubles de bureaux étant destinés à favoriser un travail efficace, l'interaction humaine y est fondamentale. Nous cherchons donc des méthodes empiriques pour saisir les interactions qui s'y produisent. Les capteurs ambients non invasifs, encore peu explorés dans ce but, pourraient fournir des informations pertinentes sur la dynamique humaine dans les bâtiments. Si nous parvenons à mesurer ces interactions de manière non intrusive et respectueuse de la vie privée, nous pourrons largement déployer ces stratégies. Cela permettra de caractériser les interactions dans les espaces existants, mais aussi de tester comment la conception de l'espace et l'organisation les favorisent ou les inhibent.

Publications récentes

Favero, Matteo; Carlucci, Salvatore; Chinazzo, Giorgia; Møller, Jan

Kloppenborg, Schweiker, Marcel; Vellei, Marika; Sonta, Andrew. (2024)

Ten questions concerning thermal comfort statistical data analysis: common deeds and misdeeds

Building and Environment, 264,111903.

DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.111903

Zhang, Yufei; Deng, Yang; Liang, Rui; Liu, Yaohui; Wang, Dan;

Sonta, Andrew. (2024)

A data-driven framework for occupant-centric demand flexibility potential at scale

Proceedings of the 11th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation (BuildSys '24)

Hangzhou, China

DOI: 10.1145/3671127.3699537

Hangzhou, China

Shoji, Kanaha; Sonta, Andrew. (2024)

Data-driven urban walkability: developing an empirical understanding of walking behavior and urban form

Accepted for the proceedings of the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2024 (i3CE 2024), Pittsburgh, PA, USA

Partenaires

» Eawag

» Empa

» Université de Lausanne

» Université de Zurich

» Université de Saint-Gall

» Riga Technical University (Lettonie)

» Delft University of Technology (Pays-Bas)

» Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Dresden (Allemagne)

» Budapest University of Technology and Economics (Hongrie)

» University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia (Bulgarie)

Groupe DIGITS

Transformation numérique des environnements de vie intelligents



© Sonia Villegas

«Application des méthodes de l'informatique de gestion dans le cadre de collaborations interdisciplinaires pour des environnements de vie intelligents.»

Hans-Georg Fill

Directeur du Groupe DIGITS

Le groupe Numérisation et systèmes d'information (DIGITS) de l'Université de Fribourg contribue au Smart Living Lab en menant des recherches fondamentales et appliquées sur la transformation numérique des environnements de vie intelligents. À cette fin, des méthodes d'informatique de gestion sont utilisées pour permettre une collaboration interdisciplinaire entre différents domaines.

Le groupe DIGITS participe au Smart Living Lab depuis 2022. Il mène des recherches fondamentales et appliquées sur la transformation numérique des environnements de vie intelligents. Ces dernières années, l'une de ses priorités a été de combiner la modélisation conceptuelle – en tant que moyen de représenter et de traiter formellement les connaissances – avec les technologies de réalité augmentée et virtuelle. De cette manière, les connaissances exprimées dans les modèles conceptuels peuvent être ancrées dans l'espace tridimensionnel du monde réel ou virtuel. Dans ce contexte, l'approche de la «modélisation conceptuelle spatiale» a été développée, qui intègre les concepts de l'informatique spatiale dans des modèles conceptuels à un méta-niveau. De cette manière, les informations issues des modèles conceptuels peuvent être

ancrées dans un espace tridimensionnel avec des objets du monde réel ou virtuel. Il s'agit donc d'un pilier fondamental pour ce que l'on appelle les «jumeaux numériques», qui permettent de simuler et d'étudier les effets de la manipulation d'objets réels dans leurs homologues virtuels. Les domaines d'application possibles sont par exemple l'architecture, le patrimoine culturel ou les villes intelligentes. Les premiers résultats concrets de cette approche théorique incluent le développement d'un langage de modélisation pour les applications de réalité augmentée (RA), connu sous le nom de Augmented Reality Workflow Modeling Language (ARWFML), qui permet de créer des applications RA dans un environnement visuel sans programmation, ainsi que le développement et la mise à disposition de la plate-forme de métamodélisation open source MM-AR, qui permet de créer des langages de modélisation basés sur la 3D et la RA/RV. D'autres projets dans ce contexte comprennent la création de vidéos 3D à des fins éducatives, par exemple en collaboration avec le groupe HOBEL de l'EPFL, et des expériences basées sur des données fournies par le groupe Building2050 pour des applications de réalité augmentée. En outre, les premières expériences ont été menées en collaboration avec le Réseau Santé du Lac à Morat, afin d'étudier comment la réalité virtuelle pourrait être utilisée dans le contexte du bien-être des personnes âgées. Afin de

soutenir la transformation numérique des parties prenantes de l'environnement bâti, le groupe DIGITS a mené une étude pour Hilti, afin d'explorer l'impact des récents développements en matière d'intelligence artificielle générative sur les pratiques professionnelles internes. En outre, les membres de DIGITS participent régulièrement aux expositions Explora de l'université de Fribourg, où ils présentent au public la modélisation conceptuelle, les dispositifs de RA/RV et la robotique. Outre la publication continue des résultats de recherche du groupe au

niveau international, des contacts ont été établis et maintenus avec des partenaires internationaux du monde universitaire et de l'industrie. Plus récemment, le groupe DIGITS a commencé à étudier l'application de la modélisation conceptuelle spatiale au domaine de la robotique, du patrimoine culturel et des villes intelligentes.

Principaux projets au Smart Living Lab

MM-AR Metamodeling Platform

» Une plateforme de métamodélisation open source basée sur le web pour le développement de jumeaux numériques basés sur la connaissance dans des environnements spatiaux tels que l'environnement bâti, l'architecture, le patrimoine culturel. Il s'agit de la première plate-forme open source qui intègre la modélisation conceptuelle 2D et 3D selon les principes de la modélisation spatiale conceptuelle et qui prend en charge de manière native les dispositifs RA et RV via la norme WebXR.

Projet phare 2024



Augmented Reality Workflow Modeling Language (ARWFML)

» Un langage de modélisation visuelle qui permet de créer des applications de réalité augmentée sans utiliser de code. Développé dans le cadre de la thèse de doctorat de Fabian Muff, ARWFML permet aux utilisateurs de définir graphiquement des augmentations et des workflows de RA. Il a été mis en œuvre et évalué sur les plateformes de métamodélisation ADOxx et MM-AR.

Publications récentes

Muff, Fabian; Fill, Hans-Georg. (2024)

M2AR: A Web-based Modeling Environment for the Augmented Reality Workflow Modeling Language

Proceedings of the ACM/IEEE 27th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, ACM, 1-5, DOI: 10.1145/3652620.3687779

Muff, Fabian; Fill, Hans-Georg. (2024)

Multi-faceted Evaluation of Modeling Languages for Augmented Reality Applications: The Case of ARWFML

International Conference on Conceptual Modeling ER 2024, Springer, DOI: 10.1007/978-3-031-75872-0_5

Muff, Fabian; Fill, Hans-Georg. (2023)

Domain-specific visual modeling language for extended reality applications using WebXR

International Conference on Conceptual Modeling ER 2023, Springer, DOI: 10.1007/978-3-031-47262-6_18

Partenaires

» Réseau santé du Lac / Gesundheitsnetz See, Morat

» Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italie

» Stanford University – Center for Design Research (CDR), États-Unis

» Stanford University – Biomedical Informatics Research (BMIR), États-Unis

» CONTACT-EDV AG, Vienne, Autriche

» Hilti AG, Liechtenstein

Groupe DS&OR

Développer des solutions pour relever les défis concrets dans les domaines du transport et de la logistique



© Sonia Villegas

« Notre objectif est de soutenir la prise de décisions complexes dans le domaine de la logistique et du transport. »

Bernard Ries
Directeur du Groupe DS&OR

Le groupe DS&OR développe des théories, modèles et algorithmes mathématiques pour soutenir et améliorer la prise de décision dans des contextes réels complexes, notamment dans le transport et la logistique. Son travail, qui fait le pont entre théorie et pratique, s'appuie sur des projets collaboratifs avec des partenaires industriels et universitaires de premier plan.

Face aux défis croissants du transport, de la logistique et des secteurs connexes, le groupe DS&OR répond par des méthodes algorithmiques et computationnelles. Il relève ces défis en modélisant les problèmes, en concevant des algorithmes, en les résolvant par des moyens computationnels et en communiquant efficacement les résultats. Ses recherches allient des avancées fondamentales à des approches pratiques et adaptables, soutenues par la collaboration avec des partenaires industriels.

L'une des collaborations les plus remarquables est celle en cours avec Électricité de France (EDF), financée par le programme PGMO. Lancé en 2023, le projet se concentre sur la conception d'algorithmes efficaces, basés sur des techniques de génération de colonnes, pour construire et optimiser les itinéraires des techniciens chargés de la maintenance des réseaux de distribution d'électricité.

Le groupe est aussi partenaire du projet COVER, financé par le programme Staff Exchanges – Marie Skłodowska-Curie Actions, lancé en 2025. Il contribue à deux sous-projets axés sur les transports : l'un sur la planification des horaires des équipages de bus à Istanbul, en collaboration avec l'université Boğaziçi et la société publique de bus d'Istanbul (IETT), et l'autre sur le nettoyage des rues en Slovénie, en collaboration avec l'université de Primorska et la municipalité de Koper.

Dans le domaine aérien, le groupe mène des recherches sur la planification des horaires des équipages et l'acheminement des avions en collaboration avec des collègues de l'École nationale des ponts et chaussées en France. Le projet examine la complexité computationnelle de ces problèmes afin d'en identifier les principaux facteurs et de développer des algorithmes efficaces et adaptables, qui seront testés sur des cas fournis par Air France.

D'autres projets étendent l'expertise du groupe à diverses applications. Par exemple, avec l'université Hamad Bin Khalifa (Qatar) et l'université Northeastern (Chine), il étudie la planification des grues de quai pour optimiser le chargement et le déchargement dans les terminaux à conteneurs. Un autre projet, mené avec des collègues de l'université Carnegie Mellon au Qatar, étudie des stratégies d'utilisation de robots autonomes mobiles pour surveiller efficacement de vastes zones initialement inconnues et dresser des cartes spatiales des attributs d'intérêt.

Depuis qu'il a rejoint le SLL en 2022, le groupe a étendu son réseau de collaborations et son portefeuille de recherche, tout en maintenant sa double mission : faire progresser la recherche fondamentale dans le domaine de la recherche opérationnelle et transférer des connaissances grâce à des partenariats qui répondent à des défis pratiques. Le groupe compte parmi ses réalisations un projet financé par Innosuisse sur la collecte

des déchets, mené en collaboration avec Schwendimann SA et l'iimt (Université de Fribourg). Un autre projet, financé par le Fonds de recherche des CFF, s'est concentré sur l'optimisation de l'affectation des activités ferroviaires aux dépôts du personnel des CFF. Au cours de cette période, le groupe a également accueilli Nour Elhouda Tellache en 2024, après le départ de la chercheuse senior Vera Fischer.

Principaux projets au Smart Living Lab

Optimisation de l'affectation des activités ferroviaires aux dépôts du personnel des CFF

» Le groupe a mené un projet en collaboration avec les CFF, financé par le Fonds de recherche des CFF, qui soutient la recherche sur les défis actuels du réseau ferroviaire suisse. Le projet s'est concentré sur l'attribution de chaque segment d'activité, comme par exemple une partie de la ligne Intercity 711 de 7h42 à Genève à 9h03 à Fribourg, aux différents dépôts à partir desquels les membres d'équipage commencent et terminent leurs tournées quotidiennes. L'objectif était d'analyser le système d'affectation actuel des CFF et d'identifier les possibilités d'amélioration et de prise de décision stratégique. Les résultats montrent une réduction possible de 19% des besoins en personnel grâce à l'utilisation d'algorithmes développés dans le cadre de cette recherche.

Aide à la décision pour une collecte des déchets efficace et durable

Approche par génération de colonnes pour l'optimisation des tournées des techniciens électriens

Optimisation des opérations de transport aérien : planification des équipages et acheminement des avions

COVER : (C)ombinatorial (O)ptimization for (V)ersatile applications to (E)merging u(R)ban Problems (optimisation combinatoire pour des applications polyvalentes aux problèmes urbains émergents)

Projet phare 2024



Approche de génération de colonnes pour l'optimisation des tournées de techniciens électriens

» En 2023, le groupe a obtenu un financement pour un projet d'un an, renouvelé par la suite pour une deuxième année, en collaboration avec le département Recherche et Développement d'Électricité de France (EDF). Le projet vise à optimiser les itinéraires des techniciens afin de maximiser le nombre d'interventions, tout en tenant compte de multiples contraintes, notamment les compétences des techniciens, les fenêtres temporelles d'intervention, les capacités et les temps de trajet. Il s'inscrit dans le cadre du programme Gaspard Monge pour l'optimisation, la recherche opérationnelle et leurs interactions avec la science des données (PGMO), qui soutient la recherche dans des domaines mathématiques identifiés comme cruciaux par les partenaires industriels.

Publications récentes

Fischer, Vera; Panque, Meritxell Pacheco; Legrain, Antoine; Bürgy, Reinhard. (2024)

[A capacitated multi-vehicle covering tour problem on a road network and its application to waste collection](#)
European Journal of Operational Research, 315 (1), 338-353.
DOI: 10.1016/j.ejor.2023.11.040

ElHouda Tellache, Nour; Meunier, Frédéric; Parmentier, Axel. (2024)
[Linear Lexicographic Optimization and Preferential Bidding System](#)
Transportation Science, 58, n°3. DOI: 10.1287/trsc.2022.0372

Fischer, Vera; Legrain, Antoine; Schindl, David. (2024)
[A Benders Decomposition Approach for a Capacitated Multi-vehicle Covering Tour Problem with Intermediate Facilities](#)
In Lecture Notes in Computer Science (pp. 277–292). Springer Nature Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-031-60597-0_18

Partenaires

- » Électricité de France (EDF)
- » System-Alpenluft AG
- » Schwendimann AG
- » iimt Unifr
- » SBB CFF FFS

Chiffres clés

Personnel



Recherche

1180

» publications réalisées en 10 ans

Les 12 équipes de recherche du Smart Living Lab totalisent plus de 70 publications scientifiques en 2024. En dix ans ce sont près de 1180 publications de tout type (articles scientifiques, livres, actes de conférence, thèses, etc.) qui ont été réalisées par le SLL. Celles-ci assurent la diffusion des connaissances produites à Fribourg au sein de la communauté scientifique internationale et du monde professionnel.



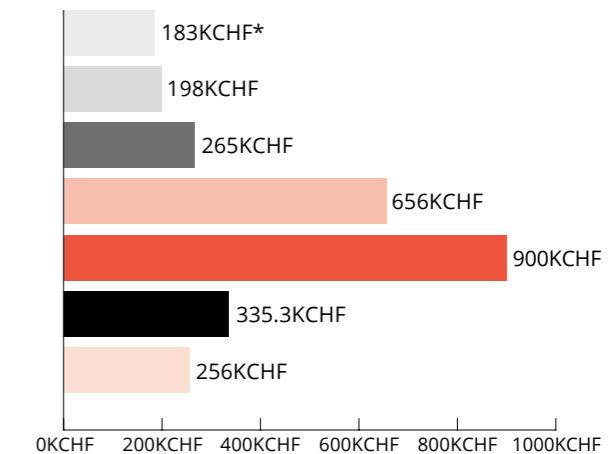
Nombre de doctorats

2 en 2020 (les premiers)
7 en 2024
20 au total à fin 2024

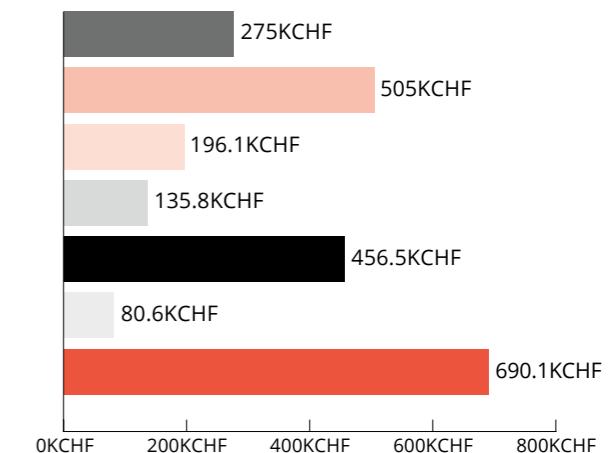
Fonds obtenus

En dix ans, les divers groupes de recherche du Smart Living Lab sont parvenus à lever des fonds auprès d'une grande variété d'acteurs institutionnels, tant publics que privés. Il s'agit ici d'une sélection de quelques levées de fonds tiers emblématiques réalisées au cours de la première décennie d'existence du SLL.

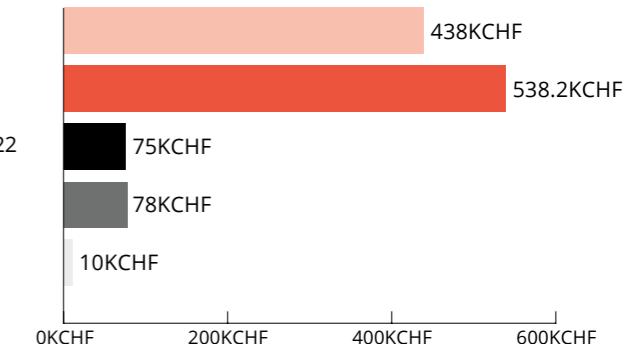
- » Office fédéral de l'énergie, 2019
- » Horizon Europe, 2019
- » FNS, 2020
- » FNS, 2020
- » Horizon Europe, 2022
- » FNS, 2024
- » FNS / Horizon Europe, 2024



- » NPR, 2014
- » NPR – Losinger Marazzi, 2014
- » NPR, 2021
- » NPR, 2022
- » Innovuisse, 2023
- » Office fédéral de l'énergie, 2024
- » FNS, 2024



- » Office fédéral de l'énergie, 2022
- » Schwendimann, 2022
- » Office fédéral de l'énergie, Regent Lighting, 2020-2022
- » Office fédéral de l'énergie, 2024
- » Hilti, 2024



*Les montants sont exprimés en milliers de francs suisses (KCHF)

Communication

Nombre de followers sur les réseaux sociaux

Instagram
1259 (13 août 2025)
471 en 2018

LinkedIn
4356 (13 août 2025)
851 en 2018



Dès ses débuts le Smart Living Lab a mis en place une stratégie de communication à la fois interne, par le biais de newsletters adressées à ses membres, mais aussi externe. Celle-ci repose en partie sur son site officiel qui est alimenté et mis à jour régulièrement, ainsi que sur les réseaux sociaux qui ont connu une forte progression en termes d'abonné·es depuis leur lancement.

Smart Living Lab
Halle bleue | Bluefactory
Passage du Cardinal 13B
CH-1700 Fribourg

info@smartlivinglab.ch
www.smartlivinglab.ch