

Ecobau, Lausanne PdL 06.05.2026

" Le bon matériau, au bon endroit " pour réaliser des structures durables



Ing. Leo Girardi , ing. Dipl. ETHZ

Directeur du Bureau Messi & Associati SA - Bellinzona

Professeur SUPSI - Mendrisio

Expert Commission d'Examen REG - Bern

enfin

Ingénieur civil pour l'École à la Plaines-du-Loups

Mes projets dans les années 2000 - 2020....



La Colombaia - arch. M. Botta



**La piazza del Sole con autosilo
arch. L. Vacchini**



Institut de Recherche en Biomédecine (IRB)

arch. L. Galfetti et Atelier 4

Et puis.....

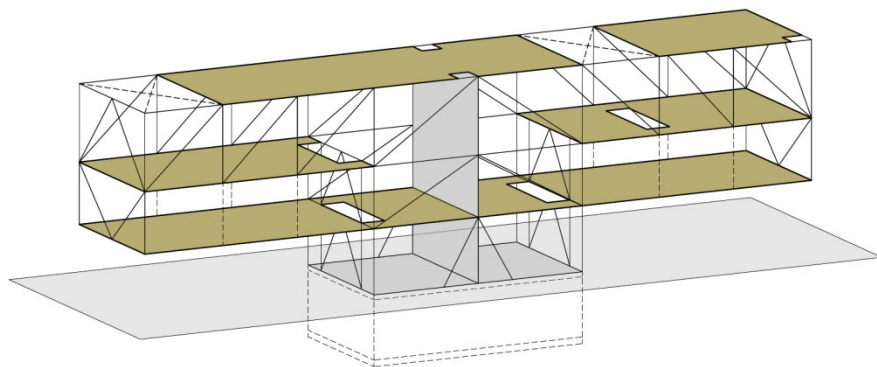
**Maison jumelée à Monte Carasso,
arch. Riccarda e Giacomo Guidotti**

....avec structure pensée de manière «hybride» et

**L'École aux Plaines du Loups à Lausanne,
arch. APAA**



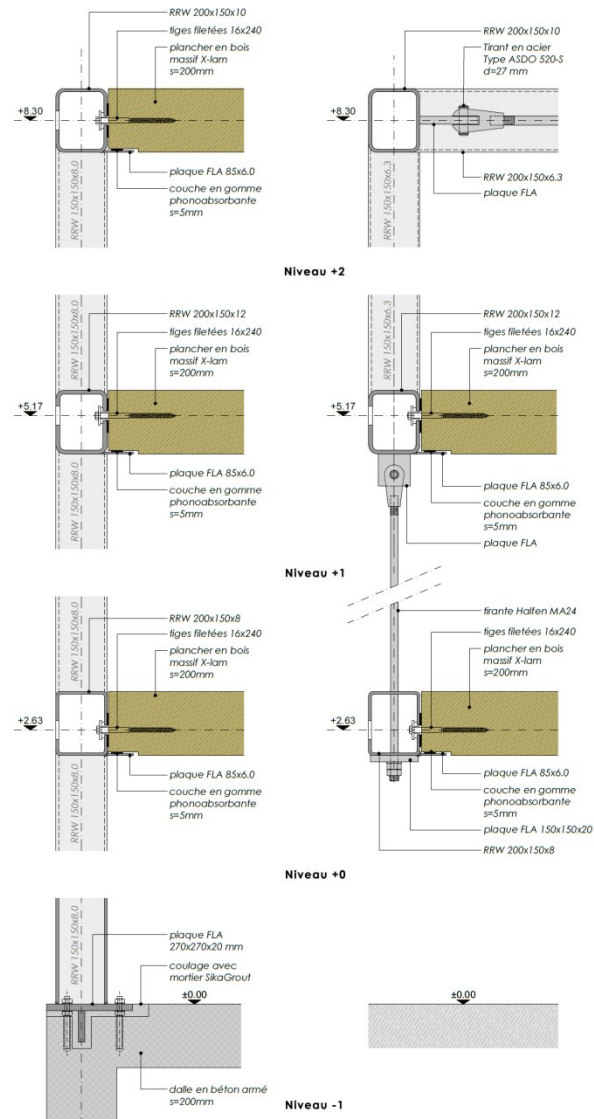
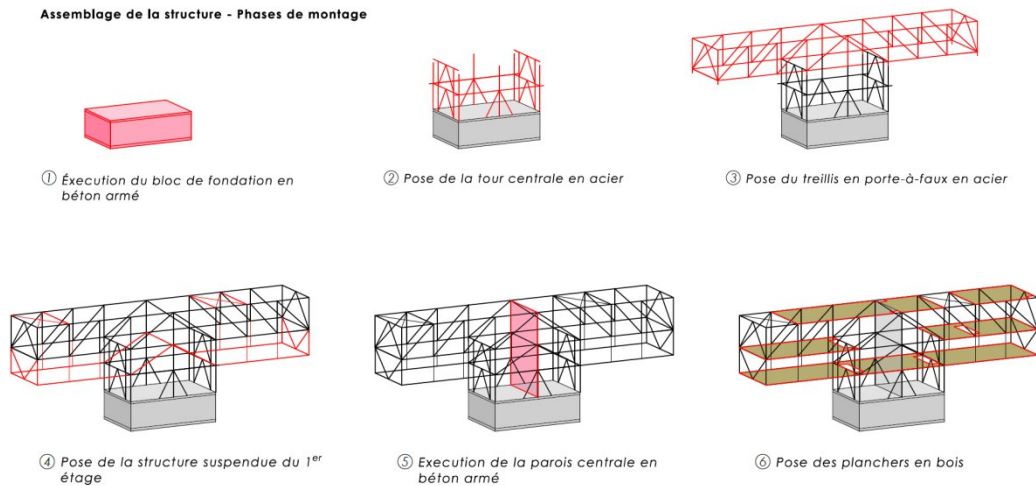
Maison jumelée à Monte Carasso - arch. Riccarda e Giacomo Guidotti



Béton
 Bois
 Acier: — Compression / Traction

 Traction

Assemblage de la structure - Phases de montage



L'École aux Plaines du Loups à Lausanne avec structure hybride

Concept pour le choix des matériaux

1. selon disponibilité et qualité demandée
2. selon le concept architectural et la fonction structurelle
3. selon la performance environnementale (Écobilan)
4. exécutable
5. durable

1. Choix selon disponibilité et qualité demandée

Bois – Acier – Béton.....et autres.....

maçonnerie en parois ou en dalle terre crue, terre béton

Pour l'École.... on a choisi

Bois : léger (100-150 kg/m²) ,
disponible en nature avec la filière du bois
préfabriqué

Acier: idéal pour des grandes portées,
léger (50-100 kg/m²)
préfabriqué

Béton: mis en œuvre en chantier avec agrégats recyclé et ciment pauvre en clinker
possible la préfabrication partielle
poids (500-750 kg/m²)

Important: **il faut connaître les matériaux et leurs caractéristiques**
ingénieur hybride..... comme les structures



École aux Plaines du Loups à Lausanne – vue général



Structure à l'étage, béton, bois et acier

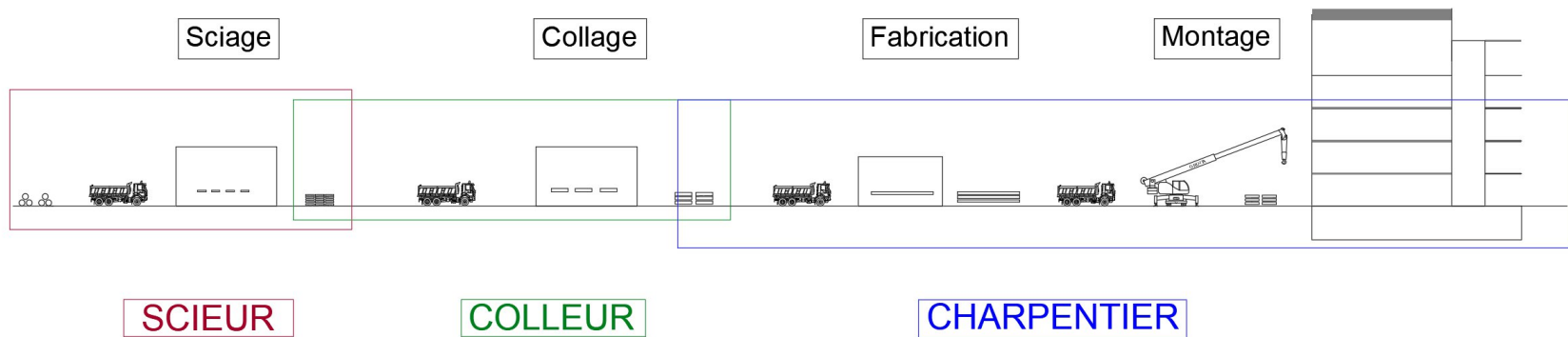
ÉCOLE

Bois de construction obtenu parmi la filière du bois

Éléments de la structure

Dalles en acier et bois avec panneaux multicouches croisés
CLT C24

Poutres de la salle de gym en BLC 260 x 1800 L= 28 m





Cascade d'escalier et montage des dalle/palque en CLT



École aux Plaines du Loups à Lausanne - arch. APAA

ECOLE

Acier préfabriqué en usine

Éléments de la structure

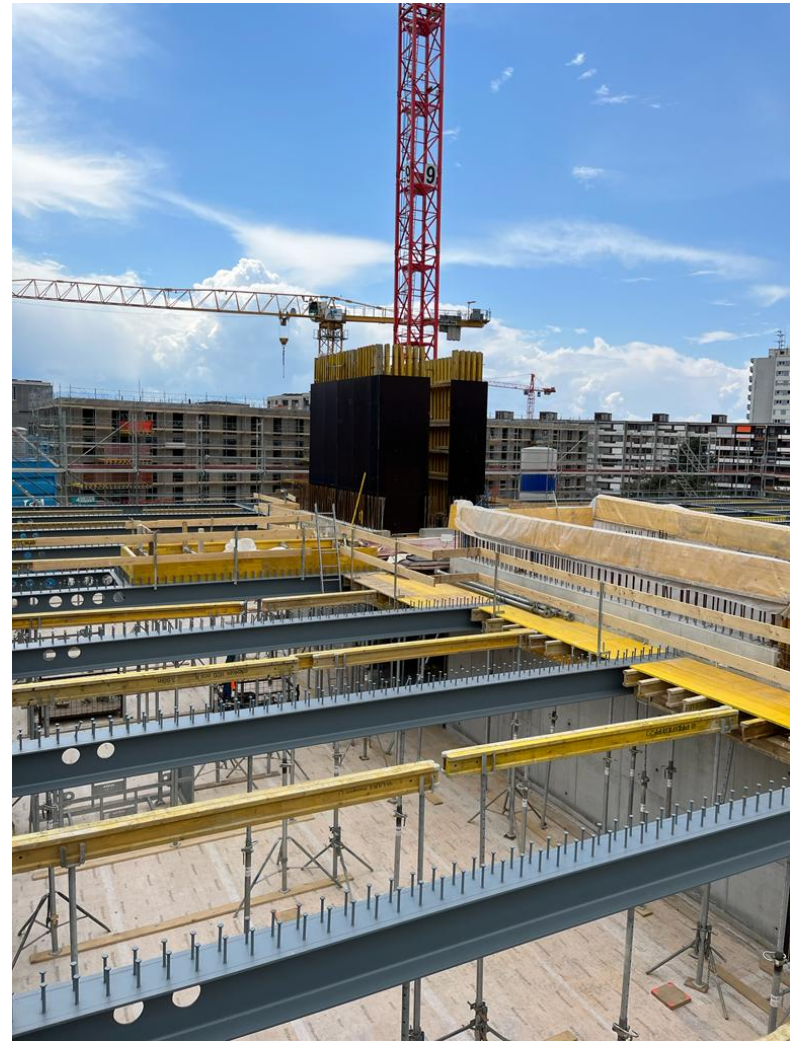
Dalles en acier-bois, avec profilés HEA 400 S355/S460

Dalles mixtes acier-béton pour salle de gym et rythmique
avec profilés HEA 400 S355/S460 et poutres composées

avec portée de 9 -12 m

Façades en cadre, 4 colonnes à l'étage et contreventements
avec profilés RRW.

Escalier en cascade, encastré aux étages



Structure à l'étage, charpente métallique



Structure à l'étage, béton, bois et acier



Structure à l'étage, béton, bois et acier

ECOLE

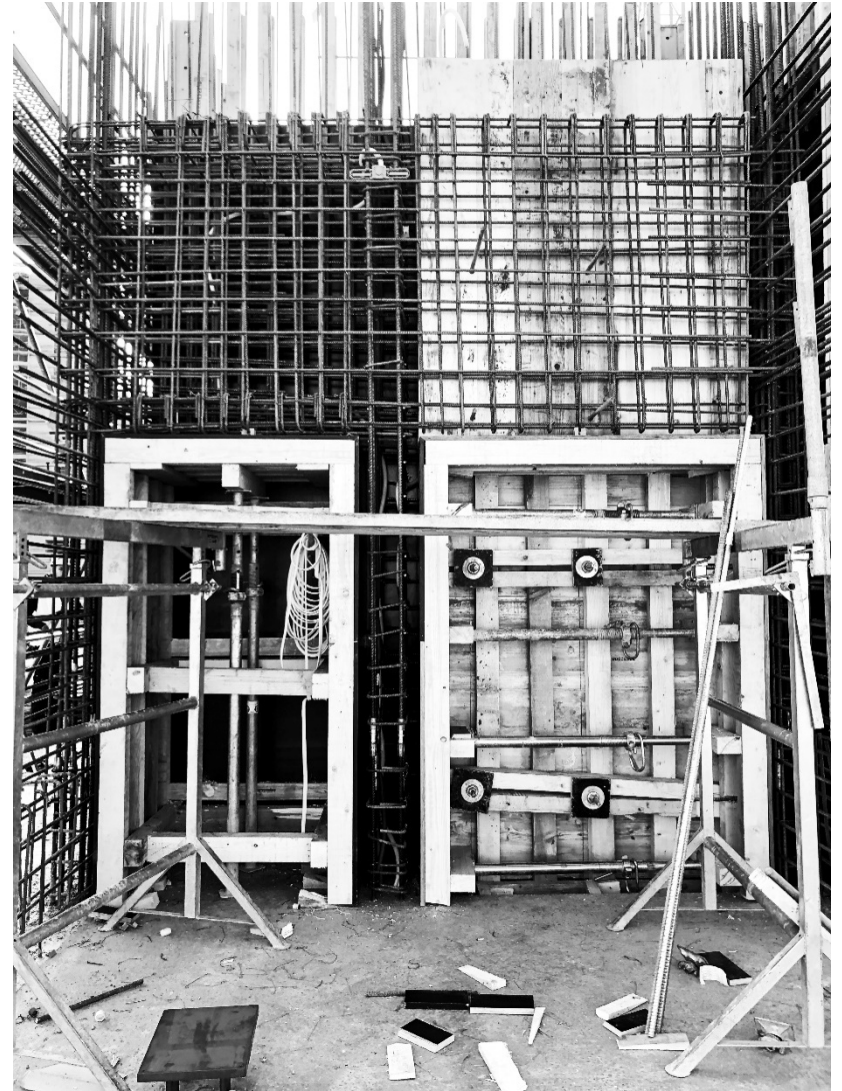
Béton mis en œuvre en chantier et préfabriqués

Éléments de la structure

Sous-sol et vide sanitaire

Noyaux de stabilisation en béton armé

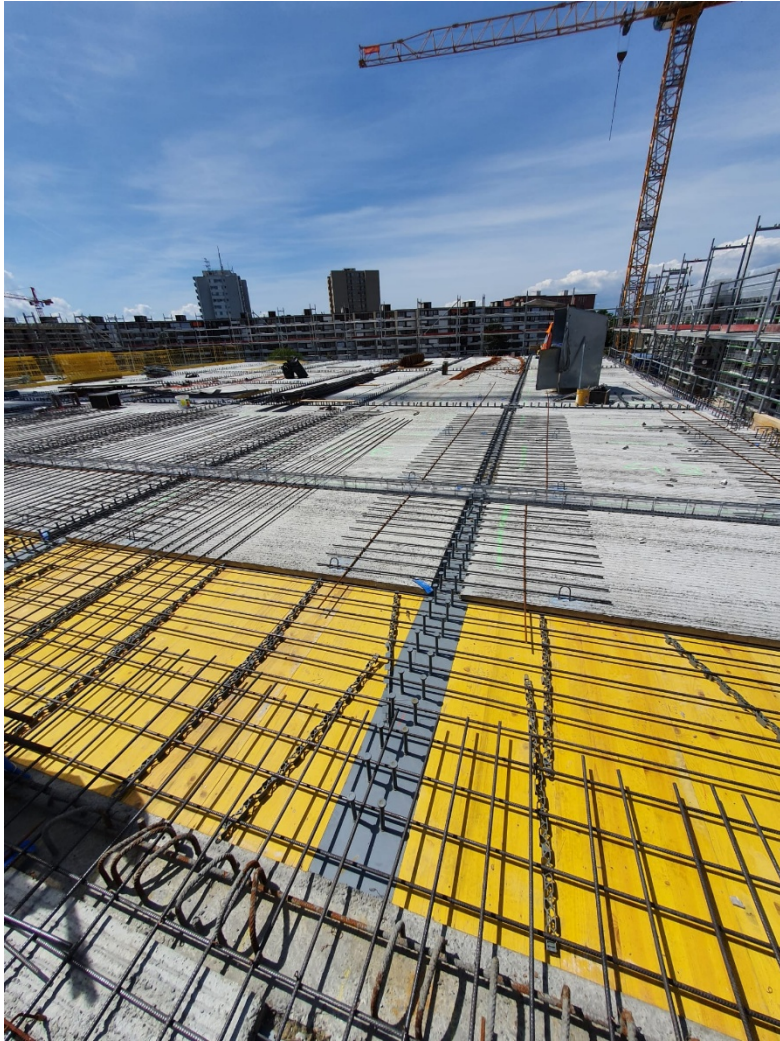
Dalles mixtes acier-béton pour salle de gym et rythmique



Bétonnage dalle RDC et armature Noyaux



Noyaux en béton armé 1° Étape



Dalle de la salle de gym mixte acier-béton

2. Choix selon le concept architectural et la fonction structurelle

.....la collaboration entre l'architecte et l'ingénieur.....

Le grand vide central et l'escalier en cascade

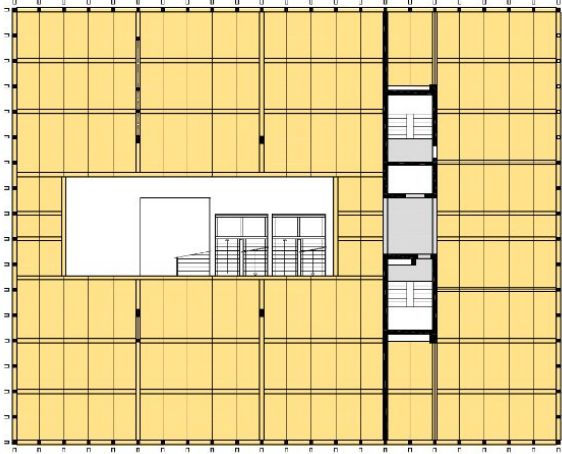
Centre de gravité et de cisaillement du bâtiment (séisme et vent)

Dalles avec 4 colonnes, épaisseurs des dalles et hauteurs aux étages et facades

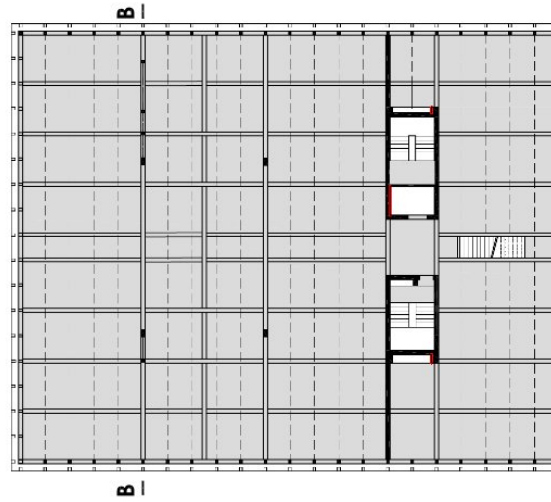
La salle de gym au dernier étage

Choix du système de fondation et du sous-sol en relation à la qualité du terrain sous-sol et du poids.

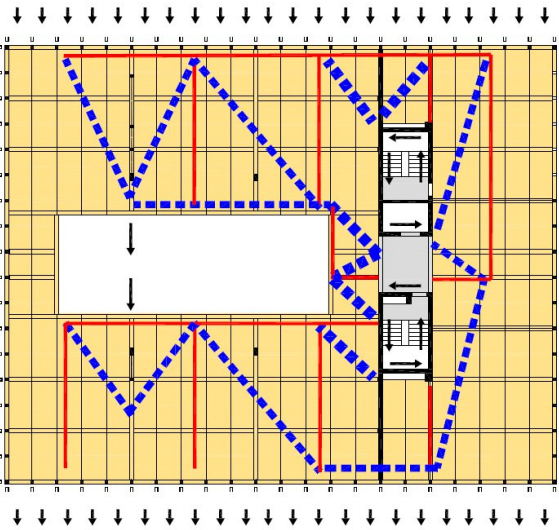
Schémas structurels - dalle sur 1^o étage 1:500



Dalle salle de gym 1:500

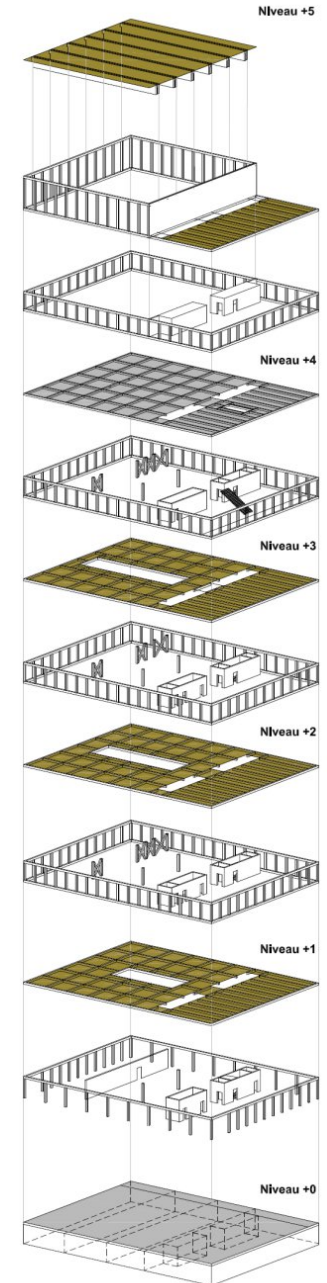
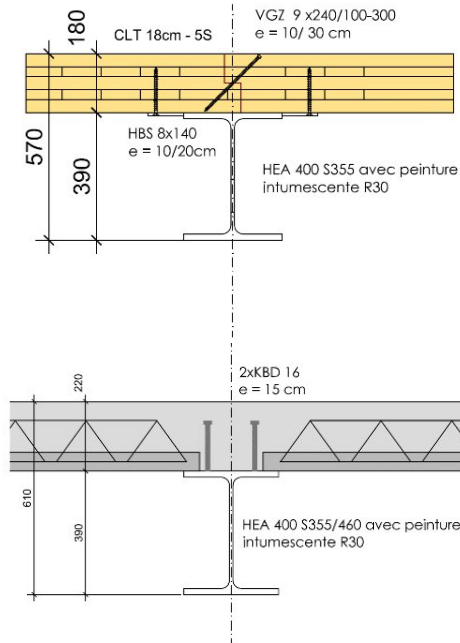


Schémas qualitatif champ de tension pour les efforts axial



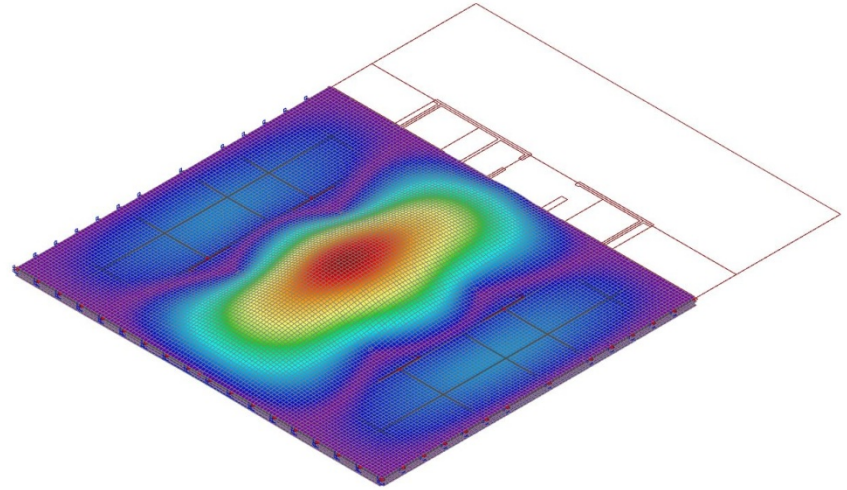
Dalle en bois - étage +2

- - - Effort de compression
- Effort de traction

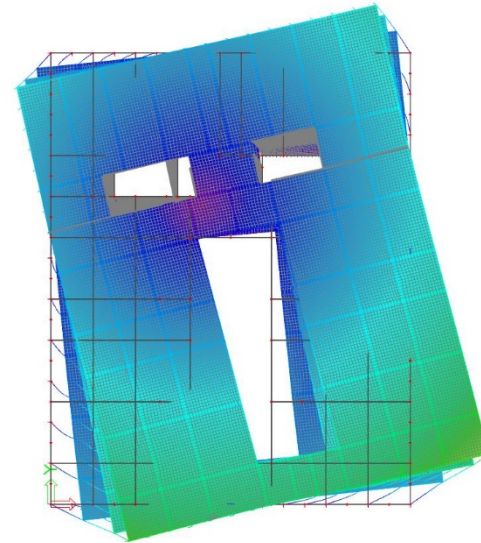
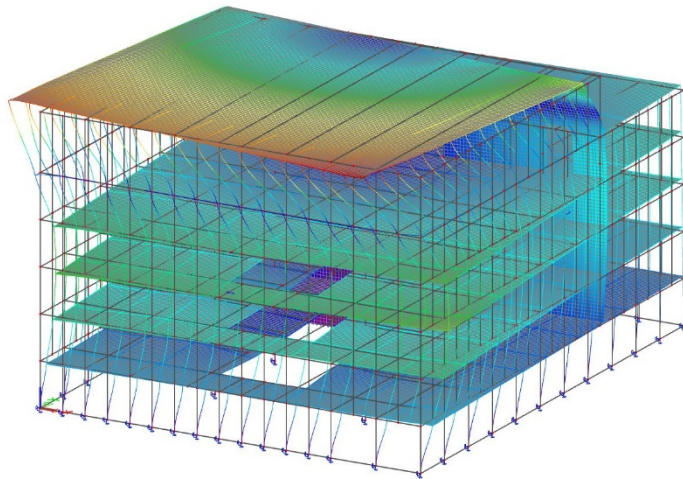


Schémas structurels

Etude des fréquences propres dalle salle de gym



Etude des fréquences pour le cas du séisme



Sortie des résultats de l'analyse dynamique et sismique

3. Écobilan

Impact «gris» de l'école des Plaines-du-loup

Bilan d'énergie grise du bâtiment : (calcul SIA 2032, Sorane 2024)

137 MJ/m².an 9,9 kgCO₂_equ/m².an

Valeurs limites actuelles (nouveau référentiel Minergie-ECO) : Entre 9 et 12 kgCO₂_equ/m².an)

Impact structure : (bois, métal, béton) € Env. 40%

Variantes étudiées :

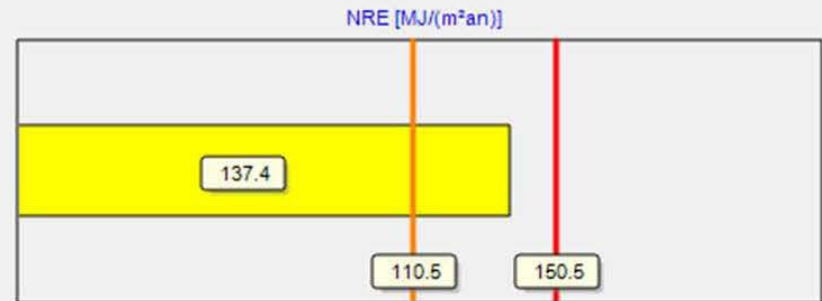
0. Actuelle construction
1. Structure + revêtements (façade) béton
2. Structure + revêtements (façade) bois
3. Structure hybride + revêtements (façade) béton

Minergie ECO - Energie non renouvelable

Limite inférieure 110.5 [MJ/(m²an)]

Limite supérieure 150.5 [MJ/(m²an)]

NRE du bâtiment 137.4 [MJ/(m²an)]

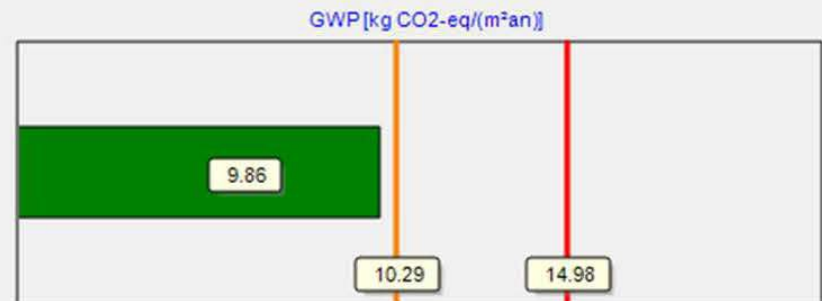


Minergie ECO - Emissions de gaz à effet de serre

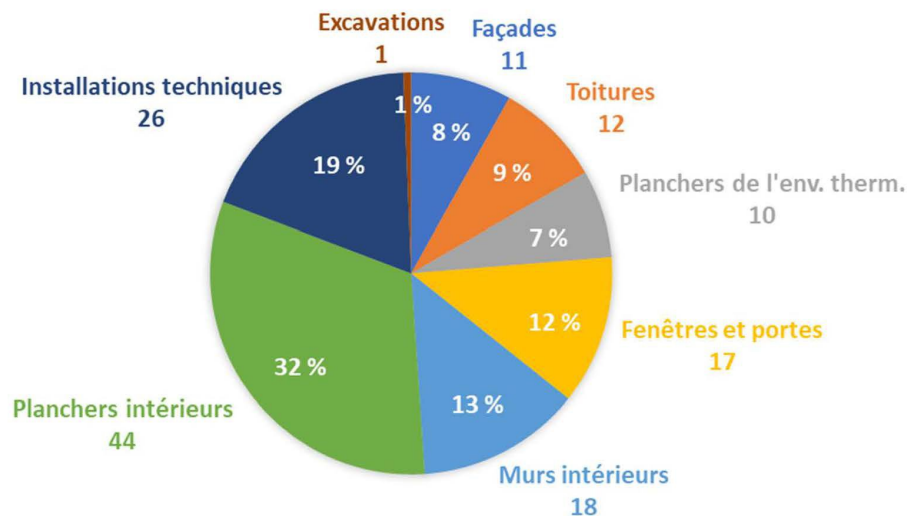
Limite inférieure 10.29 [kg CO₂-eq/(m²an)]

Limite supérieure 14.98 [kg CO₂-eq/(m²an)]

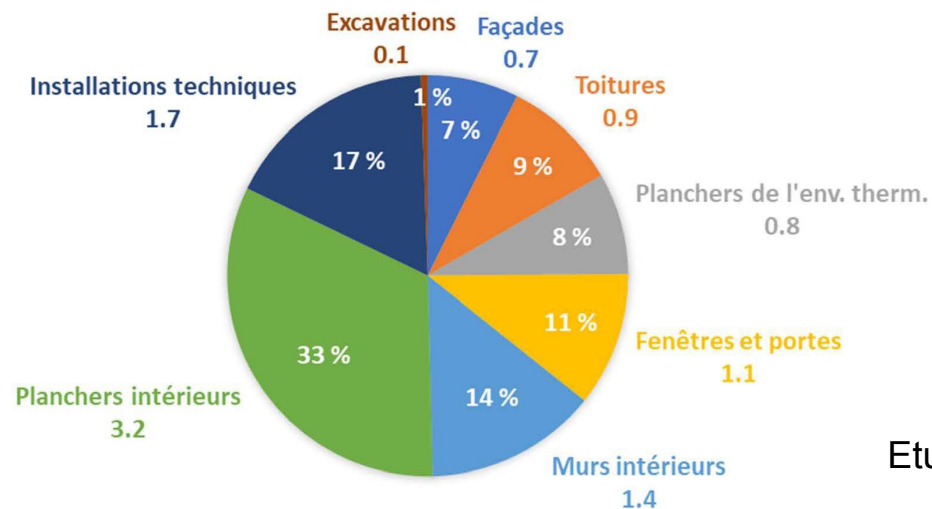
GWP du bâtiment 9.86 [kg CO₂-eq/(m²an)]



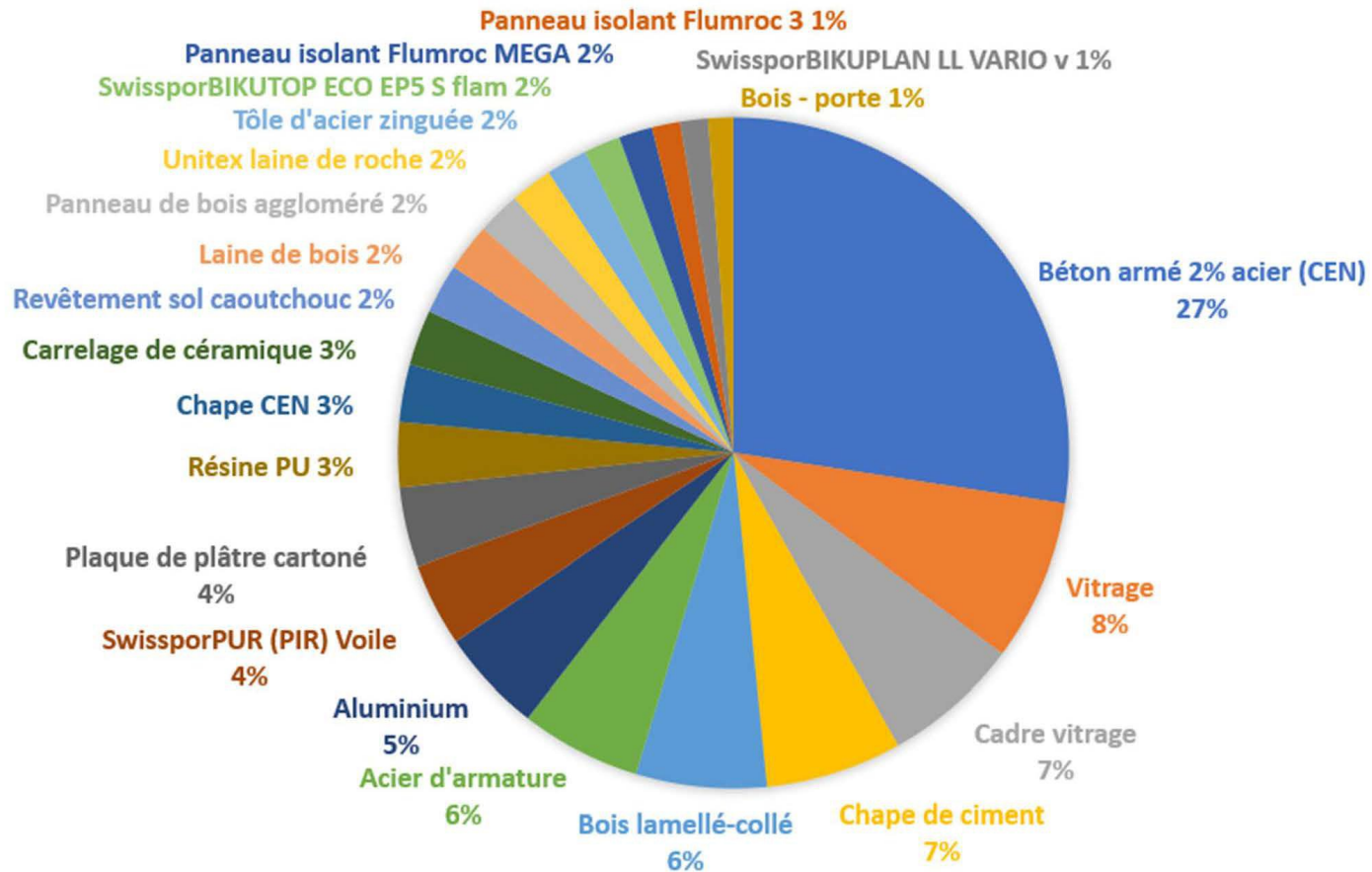
Répartition de l'énergie grise de la construction actuelle [MJ/m²_{SRE}.an]



Répartition des émissions de gaz à effet de serre de la construction actuelle [kg CO₂-eq/m²_{SRE}.an]

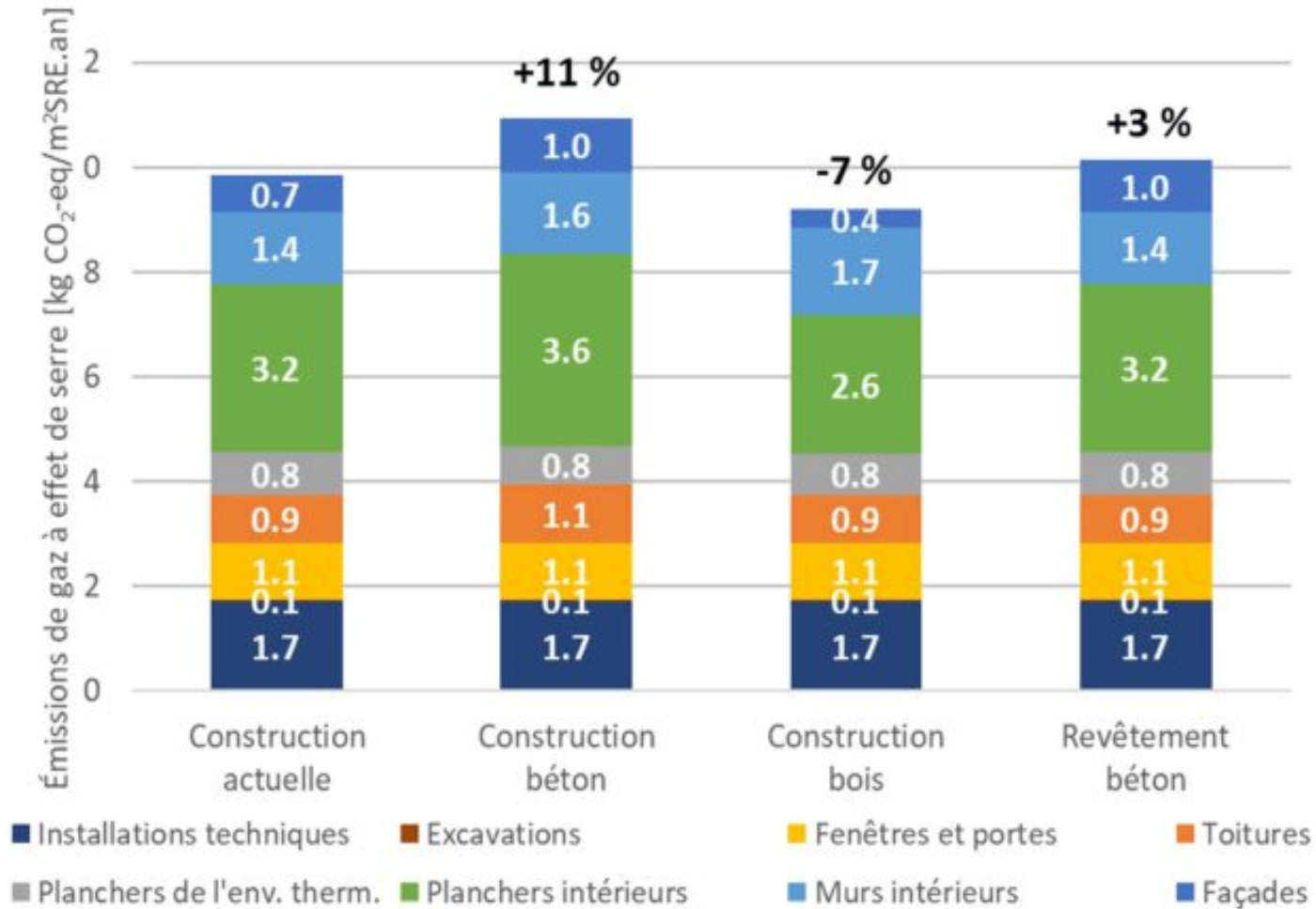


Répartition des émissions de gaz à effet de serre par matériau [kg CO₂-eq/m².an]



Etude Sorane 11.03.2024

Comparaison des variantes pour les émissions de gaz à effet de serre



Exécution

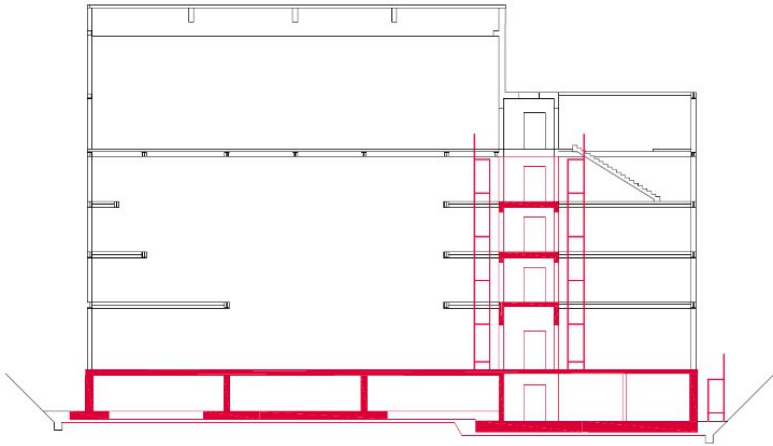
3 Matériaux – 3 Entreprises

Organisation et séquence des travaux

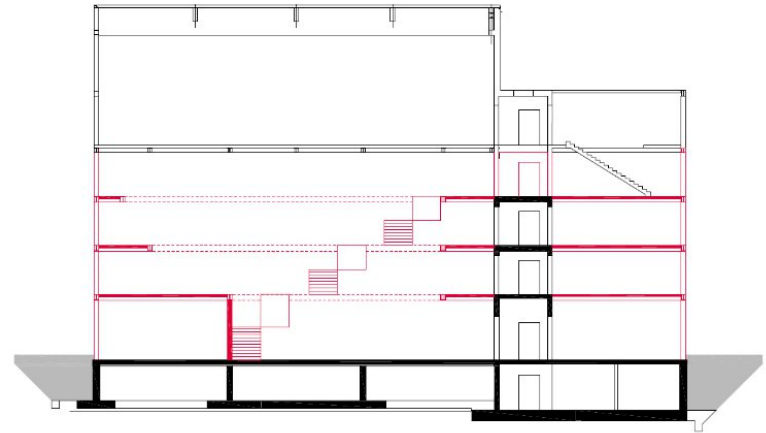
Coordination des travaux avec DT et Ingénieur Civil

**.....Projet complexe, mais il faut l'expliquer
en manière simple et claire.....**

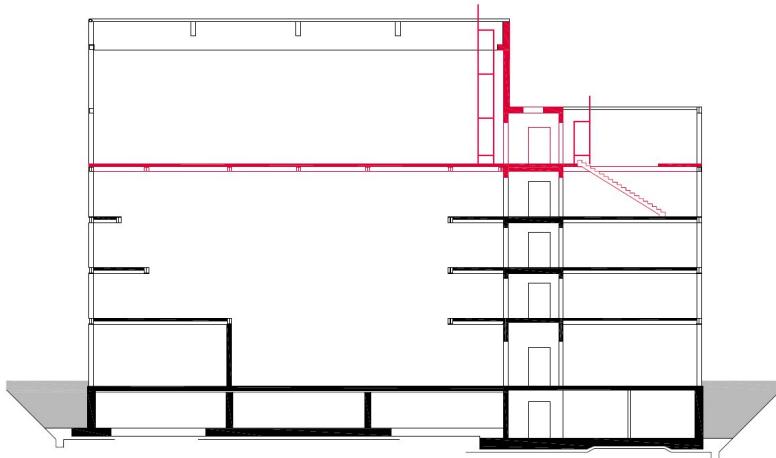
Phase 1: sous-sol et noyaux en béton armé (+0/+3)



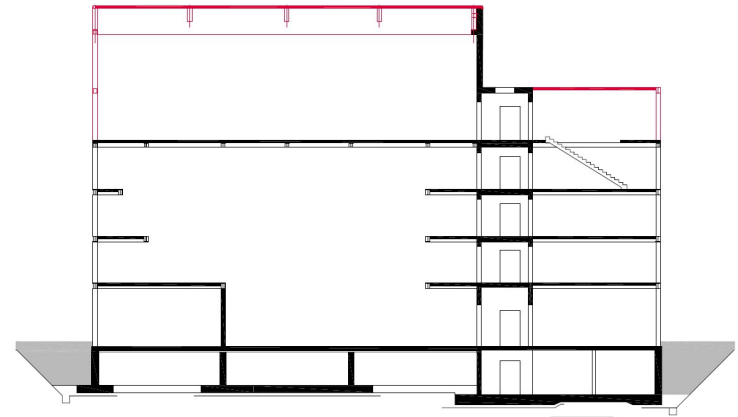
Phase 2: Montage dalles en bois et acier (+1/+3)



Phase 3: dalle salle de gym et élément +4



Phase 4: Montage facade salle de gym et toit +4



Conclusion

Passage structures mono-matériaux  structures hybrides

Connaissance des matériaux

Matériaux disponibles

Intégration de la structure dans le projet architectural

Durabilité et robustesse : étude des détails et connaissance de matériaux