

\* Serge Butikofer et al.

Association du Centre Professionnel Cantonal de Fribourg – Projet «Boucle»

# EXTENSION DU SITE DERRIÈRE-LES-REMPARTS



**Le projet Boucle propose un nouveau centre pour le complexe scolaire existant et centralise les différents locaux de l'Association du Centre Professionnel Cantonal de Fribourg, jusqu'alors répartis sur plusieurs sites en ville de Fribourg. L'implantation des bâtiments intègre un programme important dans une surface restreinte, conférant au site une densification optimale.**

\* Serge Butikofer  
Butikofer De Oliveira Vernay sàrl  
CH-1004 Lausanne  
Luigi Gino Angelini  
Sottas SA  
CH-1040 St-Barthélemy VD

Le nouveau bâtiment E place le programme scolaire sur l'espace interstitiel entre les écoles existantes (bâtiments A, B, C, D, F et G). Par sa forme, il répond à la complexité et aux contraintes de densité du site. Son volume prismatique composé de plusieurs facettes redonne une cohérence à l'ensemble et traite les qualités relationnelles de ce lieu avec son voisinage. La position et la forme du volume émergeant de l'esplanade permet de préserver et mettre en évidence une de ses caractéristiques, la vue sur la cathédrale. La nouvelle salle de sport triple H est placée au nord du site, en contrebas du cycle d'orientation du Belluard. Le projet des aménagements extérieurs repose sur la volonté de redonner une partie importante du territoire aux piétons. La nouvelle place urbaine, esplanade avec vue sur la vieille ville, relie tous les bâtiments scolaires du site en tant que lieu significatif de rencontre. Elle est aménagée avec des sols combinant des éléments minéraux et végétaux dans une mosaïque délimitant des lieux de détente variés.

## Bâtiment scolaire E, concept architectural

Conçu comme un nouveau centre, le bâtiment scolaire relie et rassemble les différents bâtiments existants. Une grande partie du volume bâti se situe en-dessous du niveau de l'esplanade autour d'une cour. Le vide de la cour met en relation les bâtiments voisins et met en scène le rapport entre le plateau supérieur de l'esplanade et la zone inférieure de la colline. Autour de ce vide se regroupent les programmes communs, cafétéria, restaurant, bibliothèque qui nouent les nouveaux liens fonctionnels entre les bâtiments existants.

Une liaison publique avec un escalier entre l'esplanade et la partie basse du site est aménagée à travers le nouveau bâtiment tout en distinguant le passage public du nouveau centre. Cette liaison expressive contribue au caractère central du bâtiment.

## 1 Legendes



## Matériaux et structure

La spécificité des façades est donnée par des verres intégrant une maille sélective, protection solaire et visuelle de l'extérieur, transparence de l'intérieur. Trois types de verres aux propriétés différentes sont déclinés en fonction du contexte extérieur, de l'orientation de chaque façade et de son environnement immédiat. Par ailleurs, ils répondent au contexte intérieur, en effet la variation de l'alternance de ces éléments est influencé par l'aménagement des locaux.

La structure du bâtiment est conçue de manière à assurer une flexibilité de son utilisation dans le temps. La structure en béton armé est composée des murs séparant les couloirs des classes et de piliers préfabriqués en périphérie. Le voile structurel formé par ces murs et des sommiers renversés en toiture soutiennent le porte-à-faux de 11 mètres.

Les dalles en béton apparent sont présentes dans tout le bâtiment sauf dans les couloirs où les techniques sont cachées par un faux-plafond en métal déployé. Les murs en béton sont laissés brut dans les couloirs et sont habillés par des armoires murales avec revêtement acoustique dans les salles de classe.

## Le principe des façades

Les choix pris au début des études, déjà perceptibles lors du projet du concours, ont consisté, d'une part à développer une façade continue et ininterrompue entièrement vitrée, en raison de l'importante profondeur des salles de classe, et d'autre part à s'affranchir des stores extérieurs en raison de la complexité des volumes et des questions d'entretien.

Les recherches, menées avec l'ingénieur en façade Emmer Pfenninger Partner AG et l'ingénieur en énergie EnergieBüro Grossenbacher, ont permis de définir une composition de vitrages répondant aux exigences climatiques en intégrant les protections solaires nécessaires. Il s'agissait également de donner une texture et une matérialité au verre dans le but de contrôler l'image de la façade.

Ces recherches ont amené à étudier des éléments intégrant des protections solaires fixes efficaces, mais surtout des éléments de vitrage avec une valeur de transmission de chaleur (g) variable selon l'angle d'incidence du soleil, afin de limiter l'apport énergétique en été, tout en intégrant une part importante de gain solaire passif en hiver dans le bilan thermique du bâtiment. Également dans le but de contrôler le climat intérieur, un autre élément passif (PCM)

capable d'emmagasiner la chaleur a été pris en considération.

Des simulations sur modèle informatique, intégrant les caractéristiques du bâtiment et des divers vitrages, ont permis de confirmer les différents types de verres et d'ajuster leur distribution pour chaque espace. Des tests en laboratoire effectués sur des échantillons réels de 1 x 1 mètre ont été faits pour vérifier les données théoriques des compositions de verres choisies.

## Le système de façade

Le choix du type de façade répond aux particularités du bâtiment. Le système de façade par éléments offre la flexibilité nécessaire pour organiser les locaux de différentes tailles (classes de 60 ou 80 m<sup>2</sup> et salles de préparation intercalées) selon les exigences du regroupement par section. En effet, ce système permet de s'affranchir de la correspondance verticale des joints et de travailler avec des dispositions des cloisons différentes à chaque étage. Le module de 31 cm qui règle l'ensemble du bâtiment confère une grande liberté pour la distribution des locaux.

## Les éléments de vitrage

Trois types de vitrages, de qualité et aspect spécifiques, sont utilisés:

L'élément «Koolshade», d'une largeur de 186 cm, est un triple vitrage dont le verre feuilleté extérieur intègre des micro-lamelles orientées à 27° teintées en jaune dahlia. La transmission énergétique globale g (ou facteur solaire) varie de 21%, pour un angle d'incidence vertical du soleil de 0°, à 9% pour un angle d'incidence de 60°. Cet élément a un aspect opaque et texturé de l'extérieur, mais reste transparent de l'intérieur, avec des reflets colorés selon la position du soleil. L'élément sérigraphié translucide, d'une largeur de 155 cm, est un triple vitrage avec sérigraphie couleur jaune sable couvrant 32% de la surface. La sérigraphie est placée sur la face intérieure du verre extérieur (position 2) avec un film translucide dans le verre feuilleté intérieur. Cette sérigraphie réduit l'impact du soleil alors que le film translucide offre une bonne diffusion de la lumière à l'intérieur. Une variante de cet élément est développée pour la façade nord avec un double verre sérigraphié compléter d'un panneau isolé.

L'élément transparent, d'une largeur de 217 cm, est un triple verre avec le verre extérieur teinté en vert. Cette composition permet de contrôler les reflets en accord avec les autres vitrages.

L'élément ouvrant, d'une largeur de 93 cm, également transparent, décliné en deux versions:

ouvrant manuel, et ouvrant en imposte motorisé avec commande centralisée.

Le choix et la disposition libre de ces éléments répondent de manière optimale au contexte de chaque espace. Ainsi, les vitrages de type Koolshade, sensible à l'angle d'incidence du soleil, sont plus nombreux dans la façade sud, alors que les éléments de grands tailles transparents sont présents dans les zones plus protégées des façades est et ouest, et du patio.

Des éléments PCM (Phase Changing Material) de Glassx sont placés dans les locaux les plus exposés. Ces éléments, formés de parois multiples en polycarbonate rempli d'un liquide biphasique, sont placés à l'intérieur et fixés aux montants de façade. Lorsqu'il est dans l'état solide, ce liquide absorbe l'énergie solaire en se liquéfiant. Cette absorption limite la hausse rapide de la température ambiante.

Des stores intérieurs anti-éblouissement en toiles Screen Verotex 4014 complète le dispositif de façade. Même si leur rôle principal est d'offrir un confort visuel aux utilisateurs, leur surface argentée permet de rejeter une partie du rayonnement solaire vers l'extérieur (diminution du facteur solaire g de 4%).

### Prouesse logistique

Malgré le nombre important d'élément il n'est pas question ici de parler de grandes séries. En effet, les éléments de mêmes dimensions étaient au maximum de 5, pour plus de 500 éléments. Pour chaque étage, la séparation d'un cadre à l'autre était différente. Ainsi aucune ligne continue de bas en haut n'est présente. A la multiplicité des dimensions des éléments s'ajoute la complexité de la solution technique de drainage en bas de chaque ligne. D'où une nécessité de maîtriser la fabrication mais sur tout la logistique, défi relevé par la maison Sottas SA, en y mettant toute son expérience de projets hors du commun.

### Installations du bâtiment

Dans le contexte d'un bâtiment Minergie, le choix de la façade vitrée a influencé le concept général du bâtiment. Le climat doit pouvoir être maintenu sous les températures limites admissibles sans recourir à des installations de production de froid. Les dalles actives avec plafond en béton apparent garantissent une inertie importante. Si ce système est la principale source de chauffage, en période chaude, il est possible de refroidir les locaux grâce à la dalle en y faisant circuler de l'eau à une température inférieure à celle de la structure, par exemple entre 16° et 22°. Le ra-

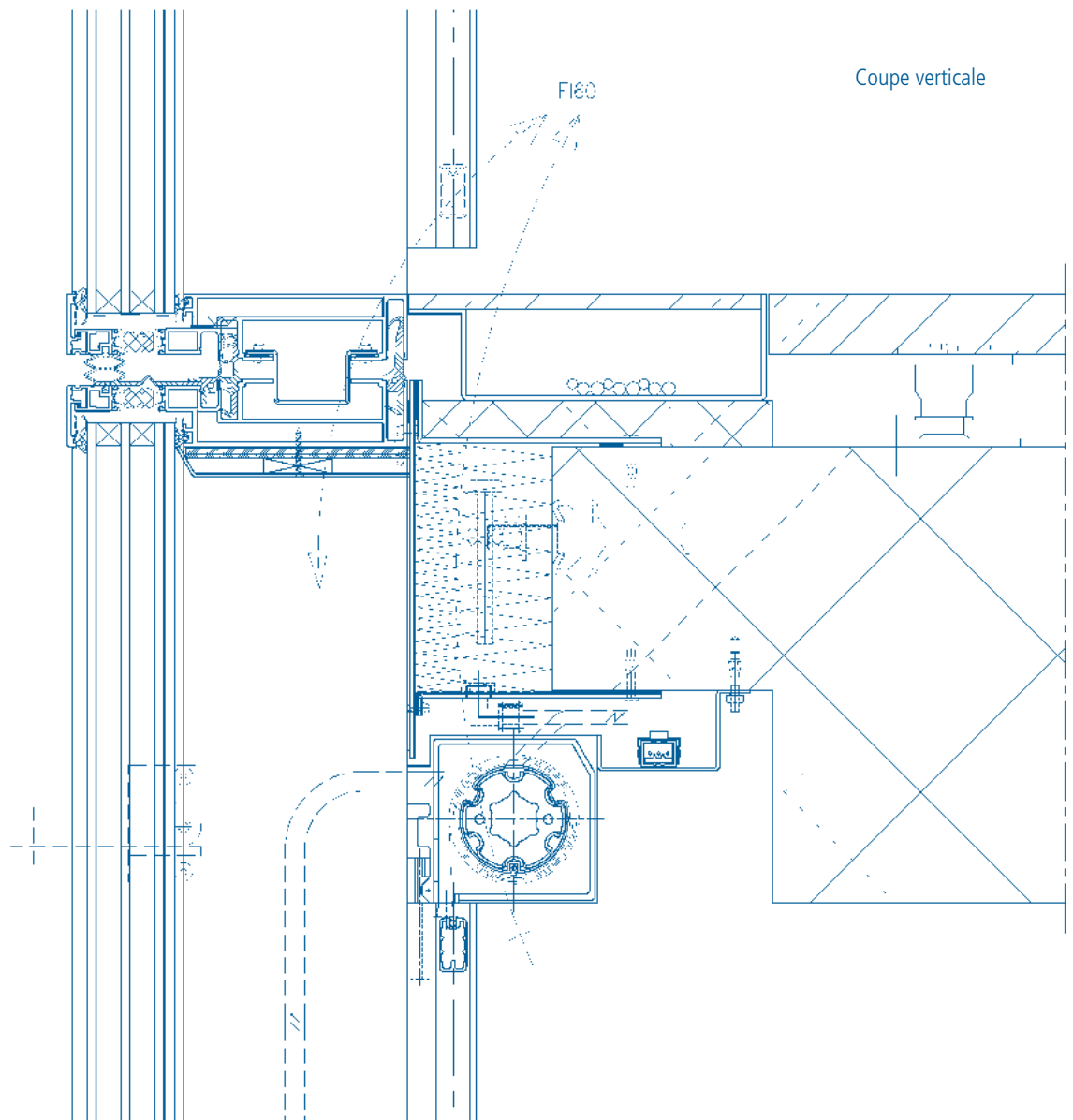


3



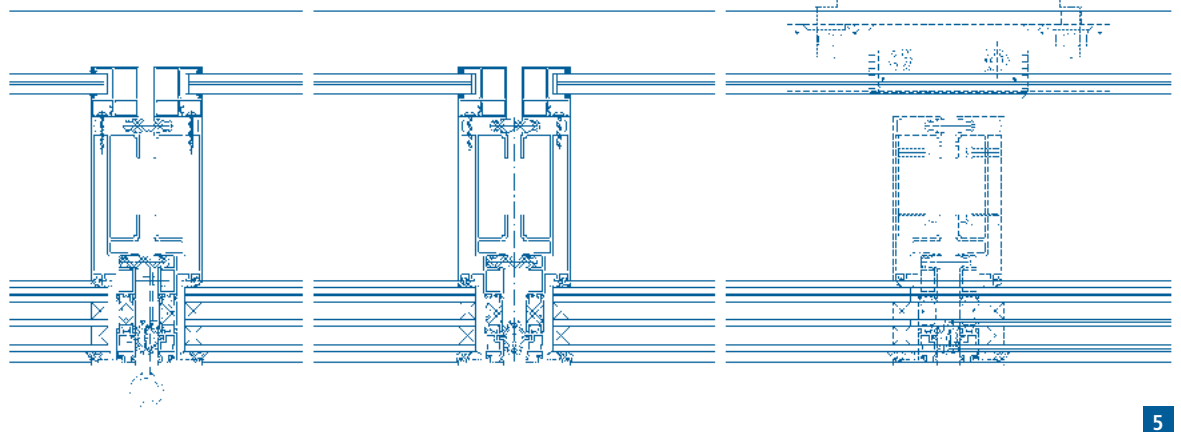
4

1 Legendes



- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ① Sous-construction                | ⑤ Coulisseau de store            |
| ② Profils aluminium E6/Permalux P4 | ⑥ Protection feu et habillage    |
| ③ Verre isolant                    | ⑦ Ouvrant motorisé               |
| ④ Store toile                      | ⑧ Ancrage échafaudage démontable |

Coupe horizontale





fraîchissement de la dalle se fait par le préchauffage de l'eau chaude sanitaire produite pour les bâtiments scolaires et salle de sport.

D'autre part, l'inertie des dalles permet de profiter pleinement de la ventilation nocturne dans les périodes estivales. Au système d'aération passif, est ajouté un système d'extraction d'air par le toit. En été, lorsque les ouvrants sont ouverts pour refroidir les locaux pendant la nuit, un ventilateur placé sur le toit permet d'extraire l'air par les conduits de ventilation lorsqu'il est nécessaire d'accélérer le refroidissement. Ce dispositif est plus économique que le freecooling qui utilise les monoblocs du système de la ventilation à double flux.

#### Fiche technique bâtiment E

*Façade:*

3000 m<sup>2</sup>.

505 pièces d'éléments préfabriqués

*Surface du brut:* 7065 m<sup>2</sup>

*Volume du bâtiment SIA 416:* 31 395 m<sup>3</sup>

*Période de réalisation:* 2009–2010

*Maître de l'ouvrage:*

ACPC – Association du Centre Professionnel Cantonal Fribourg

#### Participants

*Architecte:*

butikofer de oliveira vernay sàrl, architectes  
epfl SIA, Lausanne, tekne SA Fribourg, management de projet et direction de travaux

*Ingénieur civil:*

Groupement Gibes: Synaxis SA, Lausanne,  
Crisinel & Favez et Associés, Payerne,  
ETEC SA, Villaz-St-Pierre

*Planification des façades métalliques:*

Emmer Pfenninger und Partner AG, Münchenstein

*Réalisation des façades métalliques:*

Sottas SA, Bulle

*Ingénieur CVSE/Ingénieur HLSE:*

Groupement TSB: Tecnoservice Engineering  
SA, Fribourg, Betelec SA, Givisiez

*Ingénieur en énergie/Energieingenieur:*

Energiebüro Grossenbacher, Murten

## ZUSAMMENFASSUNG DEUTSCH

## Vereinigung des Kantonalen Berufsbildungszentrums Fribourg

# PROJEKT «BOUCLE»

**Projekt «Boucle»: Erweiterung des Standorts «Derrière-les-Remparts»**  
**Das Projekt «Boucle» umfasst den Bau eines neuen zentralen Gebäudes für den bestehenden Schulkomplex und die Zusammenführung verschiedener Räumlichkeiten der Vereinigung des Kantonalen Berufsbildungszentrums, die bislang über die ganze Stadt Fribourg verteilt waren.**

Bei der Wahl des Standorts und der Form des neuen Gebäudes, das sich nun an der Esplanade erhebt, wurde darauf geachtet, dass der Charakter des Platzes gewahrt und der Blick auf die Kathedrale erhalten bleiben.

## Schulgebäude E: Architektonisches Konzept

Das Schulgebäude wurde als neues Ausbildungszentrum konzipiert. Es verbindet und vereint mehrere bereits vorhandene Gebäude. Durch den Neubau hindurch wurde eine Fussgängerverbindung mit einer Treppe zwischen der Esplanade und dem unteren Abschnitt des Standorts angelegt, wobei der Gebäudedurchgang besonders gestaltet ist.

## Materialien und Struktur

Die Fassade zeichnet sich durch eine Glasgestaltung mit selektiver Rasterung, aussenliegendem Sonnen- und Sichtschutz und maximaler Transparenz im Gebäudeinneren aus. Drei verschiedene Glastypen mit unterschiedlichen Eigenschaften wurden unter Berücksichtigung des Aussenumfelds, der Ausrichtung der Fassadenseiten und der unmittelbaren Umgebung kombiniert.

Die Gebäudestruktur wurde so konzipiert, dass eine langfristige Nutzungsflexibilität gewährleistet ist. Das Tragwerk aus Stahlbeton besteht aus Trennwänden zur Abgrenzung der Korridore und aus vorgefertigten Stützwänden im Randbereich. Diese Stützwände und die Unterzüge der Decke tragen einen Überstand von 11 Metern.

## Fassadenprinzip

Zu Beginn der Planungsphase und während des Ausschreibungsverfahrens stand bereits fest, dass aufgrund der beachtlichen Tiefe der Klassenzimmer eine durchgehende, vollständig verglaste Fassade ohne Unterbrechungen erforderlich sein würde und aus Gründen der

Raumkomplexität und zur Vereinfachung von Wartung und Reinigung Aussenjalousien vorgesehen werden müssten.

In Zusammenarbeit mit dem Fassadenplaner Emmer Pfenninger Partner AG und dem Energieplaner EnergieBüro Grossenbacher konnte eine Glaskomposition entwickelt werden, die den klimatischen Anforderungen entspricht und den notwendigen Sonnenschutz gewährleistet.

Bei dieser Entwicklung fanden Elemente mit integriertem effektivem Sonnenschutz, aber auch Gläser mit variablem Energiedurchlasswert (g) je nach Sonneneinfallwinkel, Berücksichtigung, um im Sommer den Energieverbrauch zu minimieren, im Winter die Sonne maximal nutzen zu können und so zu einer positiven Energiebilanz beizutragen. Zur Regulierung des Raumklimas wurde ausserdem der Einsatz eines Latentwärmespeichermediums (PCM) vorgesehen.

## Fassadensystem

Das rasterartig aufgebaute Fassadensystem bietet die notwendige Flexibilität, um Räume unterschiedlicher Grössen (Klassenräume mit 60 m<sup>2</sup> oder 80 m<sup>2</sup> Fläche sowie dazwischenliegende Vorbereitungsräume) entsprechend ihrer Aufteilung pro Abschnitt realisieren zu können.

Durch dieses System konnte auf eine vertikale Übereinstimmung der Fugen verzichtet und in jedem Geschoss eine andere Anordnung der Elemente umgesetzt werden. Die Moduleinheit von 31 cm, der die gesamte Gebäudegestaltung zugrunde liegt, bietet eine grosse Gestaltungsfreiheit bei der Raumaufteilung.