

Les typologies scolaires lausannoises

Enoncé théorique de master

Johan Cosandey

Directeur pédagogique : Prof. Bernard Cache

Professeur : Prof. Philippe Thalmann

Maître EPFL : Sebastian Duque Mahecha

Expert : Eric Baeni

Sommaire

L'éducation en Suisse	9
Vers une harmonisation.....	10
Architecture scolaire	13
De la « chambre d'école » à la « maison d'école »	13
Enseignement mutuel.....	16
Un nouveau type de bâtiment scolaire.....	16
Heimatstil.....	18
Ecoles de plein air.....	18
Ecoles pavillonnaires.....	20
CROCS : « construire mieux, plus vite et plus économiquement ».....	22
Quadrillage modulaire.....	27
Système constructif.....	29
Façades	29
Cloisons intérieures.....	31
Technique.....	33
Avantages et inconvénients du CROCS.....	33
Open plan schools et SCSD.....	36
Principes du SCSD	40
Synthèse.....	42
Florilège de cas	45
Groupe scolaire du Belvédère	47
Collège secondaire de l'Elysée	51
Collège secondaire de Beausobre	55
Groupe scolaire des Bergières.....	57
Ecole rurale de Paspels	61
Centre scolaire Le Marais du Billet.....	65
Mattschulhaus Wil	69

Ecole communale de Leutschenbach	73
Extension de l'école primaire de Kreuzbühl	77
Législation	81
Concordat HarmoS.....	81
Règlementation cantonale.....	83
Protection incendie.....	84
Constructions sans obstacles	86
Réglementation communale.....	87
Outils numériques	88
Grasshopper.....	90
Galapagos	92
BIM.....	92
Introduction au projet	95
Système constructif	95
Conclusion	99
Bibliographie	103
Sources	103
Corpus	103
Législation, normes et autres.....	103
Littérature secondaire	104
Articles	105

Première étape du projet de master, cet énoncé théorique se propose d'étudier l'architecture scolaire suisse dans le but d'établir un système de construction scolaire modulaire paramétrique.

Nous nous intéresserons plus particulièrement au système CROCS, et ce pour plusieurs raisons. D'une part car il a été entièrement conçu à Lausanne et largement mis en œuvre dans la région. D'autre part car la rigueur, la précision et le soin que les concepteurs ont mis dans son élaboration en font un système détaillé, complet et aisément actualisable.

En effet, un tel dispositif semble aujourd'hui encore pertinent, mais il est nécessaire de l'adapter aux nouvelles technologies, ainsi qu'aux exigences accrues du secteur de la construction en terme d'économies d'énergie et de développement durable – préoccupations très actuelles mais moins en vogue, voire inexistantes, il y a une cinquantaine d'années.

Article 27 de la Constitution de 1874 :

- 1. La Confédération a le droit de créer, outre l'école polytechnique existante, une université fédérale et d'autres établissements d'instruction supérieure ou de subventionner des établissements de ce genre.*
- 2. Les cantons pourvoient à l'instruction primaire, qui doit être suffisante et placée exclusivement sous la direction de l'autorité civile. Elle est obligatoire et, dans les écoles publiques, gratuite.*
- 3. Les écoles publiques doivent pouvoir être fréquentées par les adhérents de toutes les confessions, sans qu'ils aient à souffrir d'aucune façon dans leur liberté de conscience ou de croyance.*
- 4. La Confédération prendra les mesures nécessaires contre les cantons qui ne satisferaient pas à ces obligations.*

L'éducation en Suisse

L'État fédéral suisse moderne naît avec la nouvelle Constitution fédérale du 12 septembre 1848, mettant fin à une période de fortes tensions politiques.

La Suisse est alors en plein essor industriel. Sa population est encore très pauvre et a subi plusieurs famines. De nombreuses familles, femmes et enfant compris, sont contraintes de travailler de longues heures pour des salaires très faibles. Un entrepreneur appenzellois affirme d'ailleurs en 1824 « qu'aucune fabrique ne pouvait se maintenir sans le concours de la pauvreté »¹. Ce triste état de fait pousse de nombreux Suisses, parfois avec le concours de leur propre commune, à émigrer.

Le texte de 1848 instaure une autorité fédérale et lui concède certains pouvoirs anciennement détenus par les cantons. Ces derniers gardent toutefois une grande autonomie, donnant lieu à des disparités dans de nombreux domaines au niveau national. L'éducation n'est pas du tout abordée dans cette nouvelle Constitution, la scolarité restant du ressort des cantons et des communes.

C'est seulement avec la constitution de 1874, et plus particulièrement l'article 27, que l'éducation est rendue obligatoire, laïque et gratuite pour tous au niveau fédéral.

Malheureusement, le travail des enfants reste encore très fréquent et rend difficile l'application de cet article.

Ce n'est que le 21 octobre 1877 qu'une nouvelle loi, acceptée en votation par le peuple suisse, interdit le travail des enfants

¹ Dave Lüthi [dir.], *Lausanne - Les écoles*, Berne, Société d'histoire de l'art en Suisse, 2012, p.32

de moins de 14 ans. L'instruction obligatoire devient donc une réalité.

L'éducation relève toutefois toujours des cantons qui tiennent à leur indépendance. Chacun met donc en place son propre système scolaire. L'âge de début de la scolarité et la durée des différents cycles obligatoires varient donc de canton en canton.

VERS UNE HARMONISATION

Des tentatives d'harmonisation plus ou moins poussées échouèrent en votation populaire à deux reprises : en 1882, lorsque la Confédération propose la création d'un poste de secrétaire à l'éducation – chargé d'évaluer la qualité de l'enseignement dans les cantons et de veiller au respect de la laïcité – et bien plus tard en 1973 lorsque des mouvements politiques relancent le débat en demandant une harmonisation des contenus et des structures du système scolaire.

L'harmonisation est finalement réamorcée en 2006, lorsque le peuple suisse accepte en votation de donner plus de poids à la Confédération dans le domaine de l'éducation. Précisément, c'est le concordat HarmoS – développé par la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) – qui est indirectement accepté donnant ainsi à la Confédération le pouvoir de contraindre les cantons à l'appliquer. Le concordat HarmoS définit l'âge d'entrée à l'école, la durée de la scolarité, la finalité de l'école obligatoire en Suisse, les instruments qui permettent d'assurer et de développer la qualité du système d'éducation à l'échelon national ainsi que les standards nationaux de formation.

En dépit de l'aspect contraignant du concordat, onze cantons sur vingt-six n'y ont toujours pas adhéré volontairement à ce jour. Cependant, comme le souligne le bilan 2015 du CDIP,

« l'harmonisation recherchée dans les structures principales est pour une part déjà entièrement réalisée à l'échelle suisse, pour une autre part en bonne voie dans la direction choisie d'un commun accord ».

Malgré le rejet de quelques cantons, le concordat se met donc en place progressivement dans toute la Suisse.

Architecture scolaire

L'architecture scolaire est un domaine vaste et complexe. Chaque culture a généré au fil du temps ses propres pédagogies et ses propres architectures. Ce chapitre ne prétend évidemment pas à l'exhaustivité mais se propose plutôt de présenter succinctement les différents courants qui ont nourri l'architecture scolaire suisse et plus particulièrement lausannoise.

Il sera également intéressant de s'attarder sur deux figures suisses de la pédagogie. Le Père Grégoire Girard et Alfred Roth, qui ont eu une influence internationale.

DE LA « CHAMBRE D'ÉCOLE » À LA « MAISON D'ÉCOLE »

Ce n'est qu'à partir du Moyen Âge que l'éducation prend place dans des locaux destinés à cet unique usage. Auparavant, il n'existe pas de lieu spécifique à l'enseignement élémentaire. Les enfants des classes aisées sont instruits à domicile, les autres dans de petites salles frustes ou à l'école du soir, au terme d'une journée de travail à la fabrique. Seuls les enfants des familles bourgeoises reçoivent une éducation secondaire dans les quelques collèges existants en Suisse.

A Lausanne, c'est la *Loi vaudoise sur l'instruction publique de 1806* qui fixe le cadre légal relatif à la chambre d'école, premier type d'établissement scolaire. Peu détaillée, celle-ci charge chaque commune de fournir au régent² un logement avec jardin ou une contrepartie monétaire équivalente, ainsi qu'une chambre pour tenir l'école et le bois nécessaire à la chauffer, sans

² Ancien titre utilisé pour désigner les professeurs.



Albert Anker, *Die Dorfschule von 1848*, 1896.

en définir plus les qualités que celles d'un « local convenable »³. Les communes ayant souvent peu de moyens, ce sont souvent des particuliers qui louent une chambre de leur maison pour accueillir l'école, parfois une seconde pour le régent.⁴

Le *Règlement du 2 août 1834 pour les écoles publiques primaires* apporte quelques précisions sur le lieu de l'enseignement primaire. L'éclairage, la circulation, la hauteur du local, le mobilier et sa disposition sont abordés brièvement.

Ce règlement, en interdisant également l'utilisation des salles de classe à d'autres usages (usage domestique, ménage, salle à danser ou à boire), en fait pour la première fois légalement un lieu destiné uniquement à l'éducation.

³ *Loi sur l'instruction publique*, 28 mai 1806, art. 13.

⁴ Dave Lüthi, *ibid.*, p.31.

Légalement, car de tels lieux existaient déjà à Lausanne. En 1828, le pasteur des Croisettes, s'inspirant d'une idée avancée par le régent de Montheron en 1799 déjà, dénonce les mauvaises conditions dans lesquelles se fait l'enseignement et propose la construction d'un bâtiment destiné uniquement à l'éducation pour y regrouper les écoles de La Vuilletaz, de Montverney, de Vers-chez-les-Blanc et du Chalet-à-Gobet.

Ses propositions sont acceptées et la maison d'école des Râpes ouvre ses portes en 1831 au Chalet-à-Gobet. Cette première construction poussera d'autres communes à regrouper les classes en un seul lieu. Ces bâtisses compactes et simples deviennent alors de plus en plus courantes.

Maison d'école de Villars-Mendraz, Jean-Pierre Jaton, 1844.



ENSEIGNEMENT MUTUEL

Le Père Grégoire Girard (1765-1850) est une figure emblématique de l'éducation en Suisse. Il importe le concept de l'enseignement mutuel – imaginé par l'écossais Andrew Bell vers 1795 – et fait bâtir à Fribourg dès 1816 déjà, selon ses propres plans, un édifice dédié uniquement à l'éducation selon ces principes novateurs, reposant sur l'idée qu'un seul maître peut faire fonctionner une école ayant un nombre très important d'enfants (300 à 800 élèves). Ce système fonctionne par niveau et non par âge. Lorsqu'un élève atteint un certain niveau d'acquis, il peut les enseigner aux élèves moins avancés, chacun enseignant et continuant à apprendre simultanément.

Bien que cette tentative fut de courte durée, elle marque les esprits et sert de modèle à beaucoup d'entreprises postérieures.

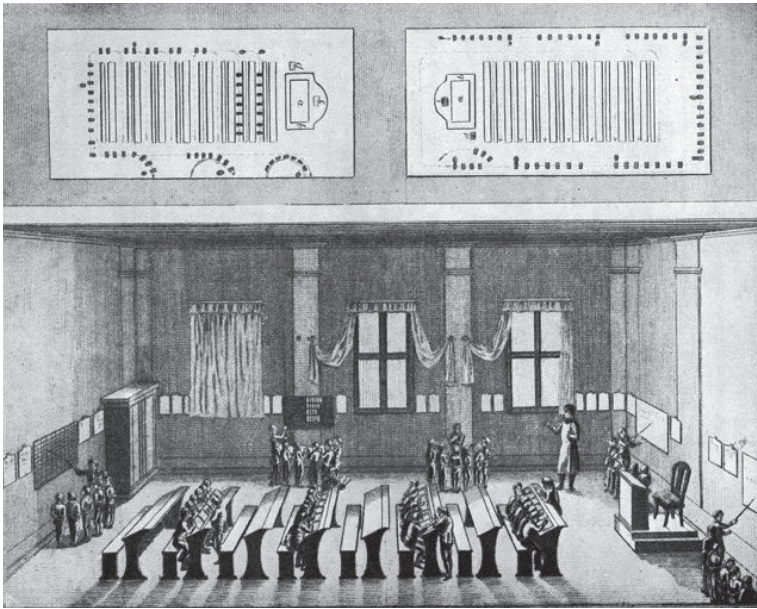
UN NOUVEAU TYPE DE BÂTIMENT SCOLAIRE

Le manque de classes d'école primaire en ville de Lausanne dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle et les nombreux écrits hygiénistes concernant l'architecture scolaire favorisent l'apparition d'un nouveau type de bâtiments scolaires. Majestueux, rationnels et hiérarchisés, ils se donnent pour but, outre l'instruction élémentaire, « d'inculquer aux enfants les principes de la vie en société et de l'hygiène »⁵.

L'école primaire de St-Roch, construite en 1874, est un exemple de ce nouveau type de bâtiment. Elle se divise en trois parties distinctes. La première, au rez-de-chaussée, est « destinée aux adultes, garants de l'autorité »⁶. La dimension nouvelle

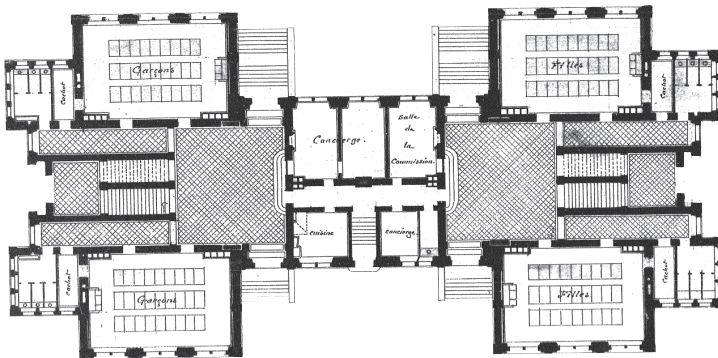
⁵ Dave Lüthi, *op. cit.*, p.45.

⁶ *Ibid*



Une salle de classe telle qu'imaginée par le Père Grégoire Girard.

Colège de St-Roch, Georges Rouge, 1872-1874, plan du rez-de-chaussée.



de l'édifice oblige l'intégration au bâtiment d'un appartement et d'une loge pour le concierge. Les deux autres parties sont destinées aux enfants, séparés par sexe jusque dans la cour de récréation.

HEIMATSTIL

Dès 1907 commence en Suisse une vague de constructions de bâtiments scolaires pour lesquels on invente un langage architectural, comme cela a été le cas auparavant pour les églises, les usines ou les administrations : le Heimatstil.

Reconnaissables par leurs toits à forte pente, leurs cheminées, tourelles, clochetons et leur plan asymétrique, ces écoles ont également pour but d'éduquer le goût des classes populaires et d'éveiller un sentiment patriotique.

On surnomma ces bâtisses «les petits palais du peuple» en raison de leurs importants coûts de construction.

ECOLES DE PLEIN AIR

Au début du XXème siècle, à cause d'un accroissement des cas de tuberculose chez les enfants, s'ouvrent des écoles de plein air afin de leur offrir un environnement sain et stimulant pour continuer leur éducation.

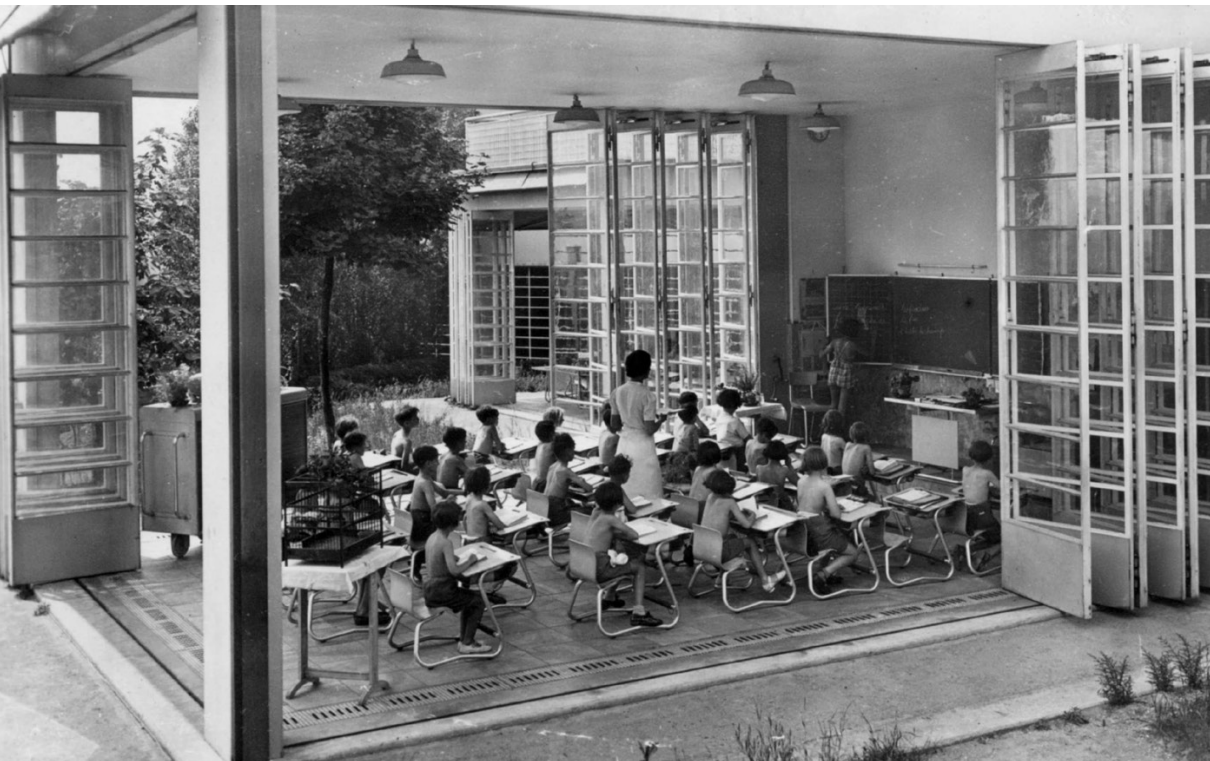
L'école de plein air de Suresnes (France), conçue par Eugène Beaudouin et Marcel Lods entre 1932 et 1935, en est un exemple éloquent. Ses grandes fenêtres vitrées pouvaient se plier en accordéon afin de libérer complètement la façade et créer des salles de classe ouvertes.

La ville de Lausanne s'équipe en 1924 d'un établissement pour



Collège de la Veveyse à Vevey, 1909.

École de plein air de Suresnes, Eugène Beaudouin et Marcel Lods, 1935.



enfants « débiles » ou « pré tuberculeux »⁷ en bâtissant l'école de plein air de Vidy.

ECOLES PAVILLONNAIRES

Dans l'entre-deux-guerres, on préconise d'implanter les écoles dans des zones vertes et de minimiser les déplacements des écoliers à travers la ville. Les bâtiments monumentaux sont rejetés et l'école se divise alors en plusieurs pavillons au milieu de la nature.

Ce type d'établissement trouve en Suisse son promoteur en la personne d'Alfred Roth (1903-1998), architecte ayant publié de nombreux livres et articles sur l'architecture scolaire.

En 1957, il énonce, dans la revue *l'Architecture d'Aujourd'hui*, les « impératifs pédagogiques essentiels dont tout architecte devraient tenir compte »⁸ :

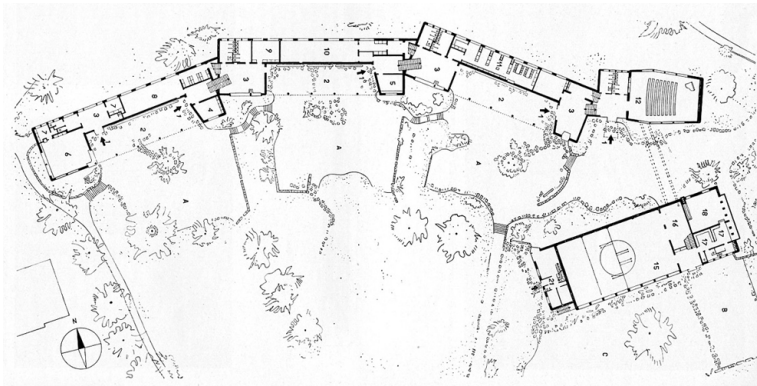
L'enfant est le sujet et non l'objet de l'éducation, et l'architecture doit être à son échelle. Il faut donc éviter les bâtiments monumentaux. L'école par l'ensemble et les détails de son architecture doit contribuer à la formation de l'enfant.

L'éducation doit développer l'être tout entier, soit tant sa vie physique, psychique, qu'intellectuelle. L'architecture doit faciliter cette exigence. Il lui faut être flexible, différenciée, adaptée à une grande variété de situations pédagogiques: enseignement collectif, travail de groupe, regroupements de classes, etc. Il faut donc une disposition souple et différenciée de locaux adaptés à chaque âge et à chaque enseignement, pas des classes systématiquement uniformes disposées en alignement rigide et monotone.

Un bâtiment à rez-de-chaussée correspond parfaitement aux exigences de l'hygiène et de la pédagogie pour les enfants de 5 à 7 ans par l'intimité de son échelle et par une liaison harmonieuse entre classe et jardin où l'enseignement peut être donné en plein air. Ce type de bâtiment permet des constructions légères, rapides, économiques et évite les

⁷ Louis Henchoz, « Hygiène scolaire : les écoles de plein air et les colonies scolaires », *Annuaire de l'instruction publique en Suisse*, Vol. 23, 1932, p.178.

⁸ Cité par Simone Forster dans « Architecture scolaire : regard historique tourné vers l'avenir », *Bulletin CIIP*, n°15, décembre 2004, p.7.



École Felsberg, plan du rez-de-chaussée.

École Felsberg, Lucerne, 1951, Emil Jauch et Erwin Bürgi, 1947-1948.



escaliers. Il ne doit pas excéder quatre classes.

L'école doit être en harmonie avec la nature, exclure tout ce qui est faux, schématique et artificiel.

Ces préceptes novateurs, qui décrivent parfaitement un grand nombre d'écoles pavillonnaires, sont en opposition totale avec de nombreux bâtiments scolaires construits précédemment.

Ce type d'établissement ne parvient pas à s'implanter en Suisse romande mais l'on en trouve quelques exemples en Suisse alémanique, comme l'école Felsberg à Lucerne, réalisée entre 1947 et 1948 par les architectes Emil Jauch et Erwin Bürgi ou l'école des Tilleuls à Bienne, réalisée vers 1960 par l'architecte Gianpeter Gaudy.

CROCS : « CONSTRUIRE MIEUX, PLUS VITE ET PLUS ÉCONOMIQUEMENT »⁹

Dans les années 1960, la commune de Lausanne vit une forte croissance de sa population qui provoque une explosion du nombre d'élèves. Les établissements de l'époque n'étant plus suffisants, la Municipalité met en place un programme de constructions scolaires sur dix ans pour éviter une subite augmentation des coûts de construction. Pour ce faire elle mandate des architectes, dont quatre sont ensuite désignés pour créer un système de rationalisation, destiné à minimiser les dépenses tout en garantissant flexibilité et qualité. Ils forment alors une association simple nommée Centre de rationalisation et d'organisation des constructions scolaire, ou CROCS.

Ils complètent leur groupe de travail en recrutant trois ingénieurs civils, spécialisés chacun dans un domaine différent (préfabrication, construction métallique et recherches

⁹ CROCS, *Cahier rouge : Directives de projet applicables à l'étude et à la mise au point des constructions scolaires réalisées à l'aide du système CROCS*, Lausanne, Commune de Lausanne, 1969, ch. 1.3.3.

industrielles). Ils collaborent également avec des pédagogues, des représentants du corps enseignant et les autorités lausannoises.

Il en résulte un système constructif axé sur la modularité, la flexibilité de l'usage et la fabrication en série.

Ce système ne propose pas des bâtiments révolutionnaires en terme typologique et pédagogique. Les auteurs en sont pleinement conscients et offrent plutôt un système flexible, dans lequel les cloisons peuvent-être ajoutées, déplacées ou supprimées pour adapter l'établissement aux changements de pédagogie qui pourraient survenir.

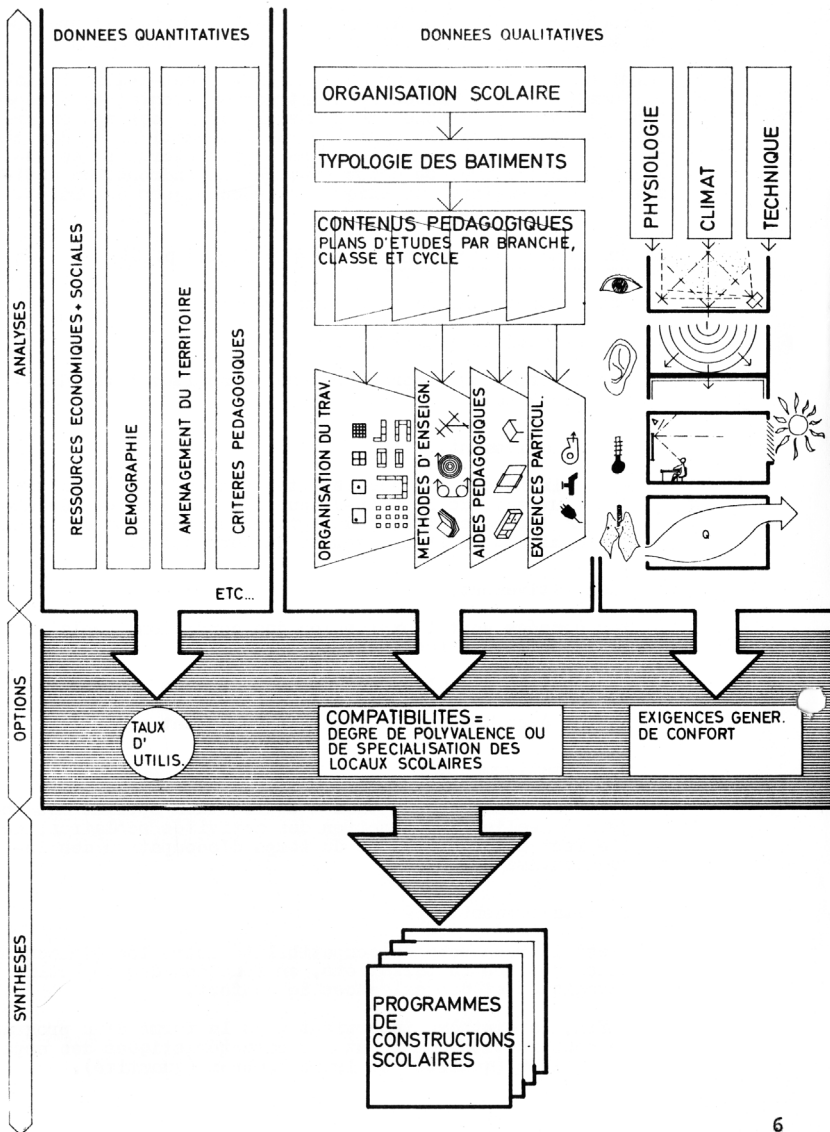
Caractérisés par des volumes simples et construits sur une trame régulière, les bâtiments seront reconvertibles dans leur ensemble.

En effet, il est possible que les constructions scolaires, prévues à l'origine pour une certaine catégorie d'élèves, soient affectées plus tard à d'autres fonctions scolaires, voir à d'autres fonctions.¹⁰

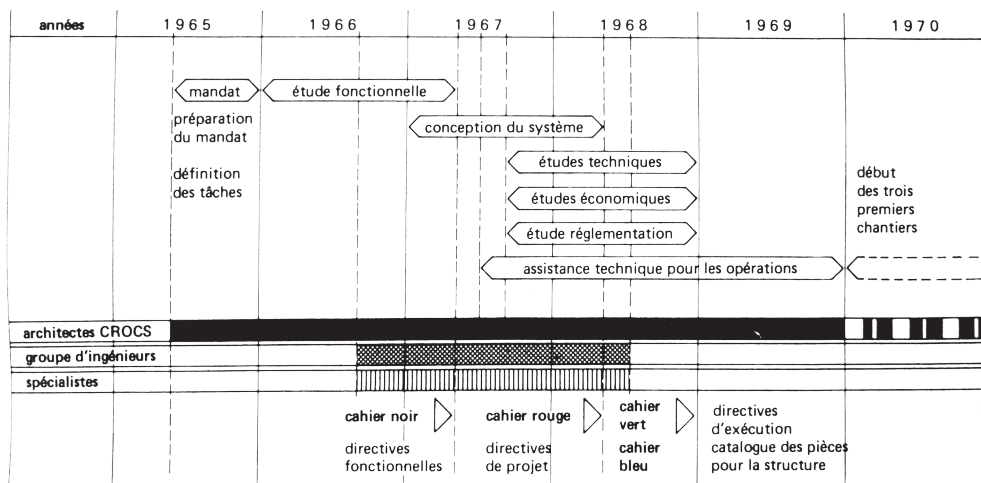
Le produit de ce travail est un ensemble de cinq cahiers (un noir, deux rouges et deux verts) correspondant aux diverses phases de projet et un rapport final. Ces éléments étaient utilisables librement par quiconque en demandait l'autorisation à un des auteurs au moins.

Pour tout ce qui concerne l'exécution et la statique, cinq cahiers complémentaires (bleus) existent mais ne peuvent « être utilisés qu'avec l'accord ou l'assistance » d'un des ingénieurs ayant participé à leur élaboration.

¹⁰ CROCS, Cahier rouge, op. cit., ch. 2.2.1.

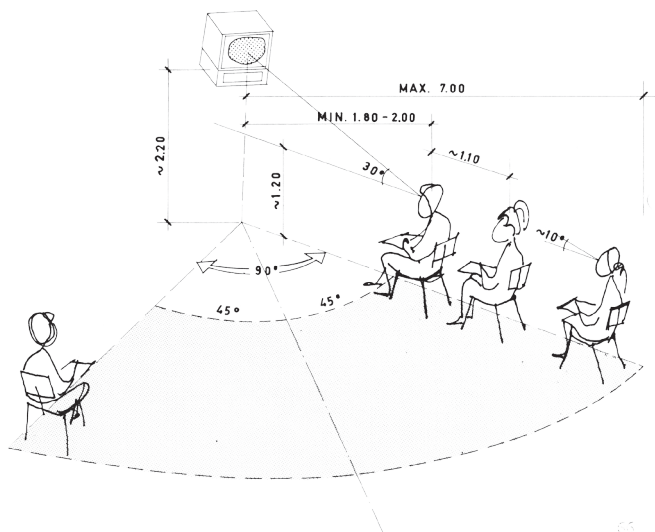


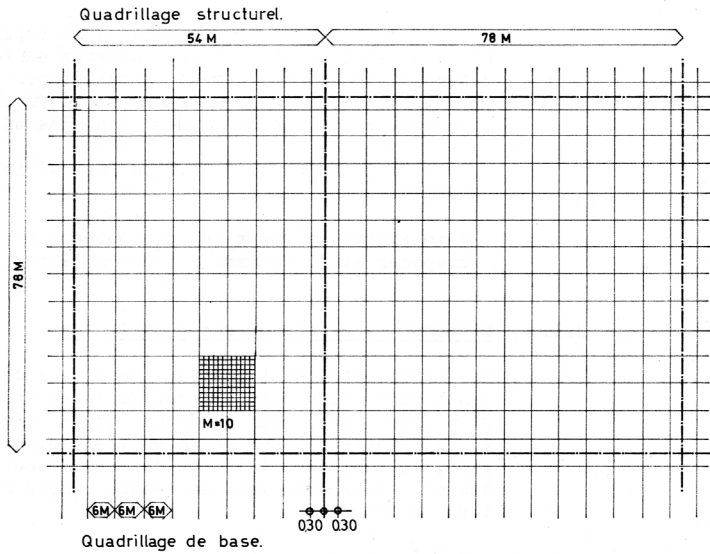
« Organigramme d'enquête pédagogique et de recherche des surfaces composantes en vue d'établir les programmes de constructions. »



Calendrier général d'organisation du CROCS.

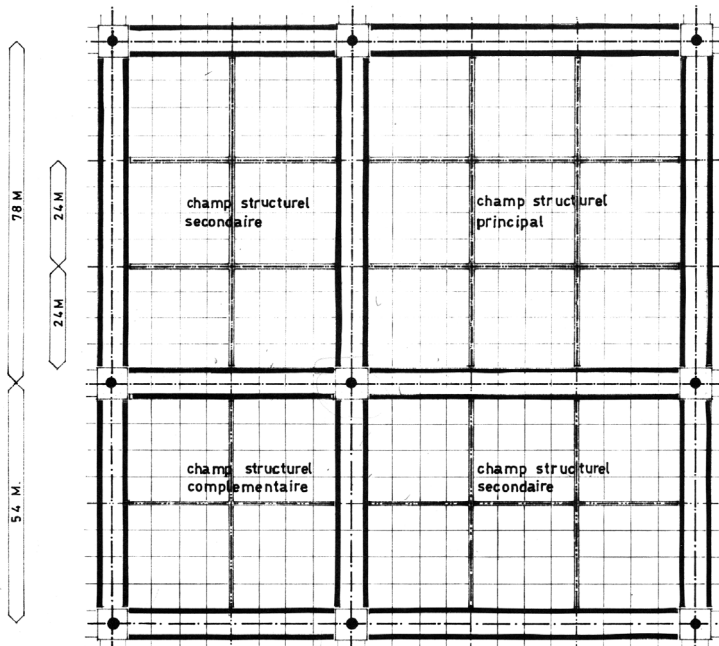
Intégration des nouveaux médias dans la salle de classe.





Quadrillage modulaire du CROCS.

Les trois champs structurels du système.



Quadrillage modulaire

Le premier cahier rouge, qui traite du gros-oeuvre et du second oeuvre, commence par établir les dimensions de la trame générale servant au dessin du projet.

La base nécessaire à l'application de la construction modulaire en série est le « module international de 10cm » (module de base du système). Ensuite, « les projets sont établis en plan à l'aide d'un quadrillage modulaire de base dont la maille la plus petite est de 60cm x 60cm. »¹¹

Le quadrillage structurel est lui composé de deux dimensions, 7.8m et 5.4m, qui forment trois types de « champs structurels »¹² lorsqu'elles sont combinées :

- 7.8m x 7.8m (champ structurel principal)
- 7.8m x 5.4m (champ structurel secondaire)
- 5.4m x 5.4m (champ structurel complémentaire)

La combinaison de ces champs structurels carrés et rectangulaires fonde la base du plan.

Les règles de composition en coupe respectent la même base modulaire de 60cm. Les « espaces éducatifs normaux » bénéficient d'une hauteur d'étage de 3m et les espaces de bureaux, d'habitation ou autre de 2.4m. Le système impose en outre une hauteur du vide d'étage « constante sur toute la hauteur d'un niveau » afin d'éviter l'apparition d'éléments structurels complémentaires pour compenser les différences de hauteur.

Il est également possible de combiner deux hauteurs de base

¹¹ CROCS, *Cahier rouge*, op. cit., ch.2.2.

¹² CROCS, *Cahier rouge*, op. cit., ch.2.3.



Structure du Collège de Beausobre en cours de montage, 1971.

pour obtenir des doubles hauteurs de 5.4m, 6m ou 6.6m.

Finalement, il est tout à fait possible de mettre en place de plus grandes hauteurs d'étage en supprimant totalement des modules structuraux dans des espaces tels que les halls centraux.

Ce système très précis permet d'appliquer concrètement la fabrication en série à tous les éléments du projet – de la structure au mobilier – tout en garantissant à l'architecte une certaine liberté dans la composition de l'ensemble.

Système constructif

« Le système structurel appliqué dans les bâtiments standards est constitué par une ossature métallique bidirectionnelle et des planchers porteurs. »¹³

« L'ossature métallique horizontale est inscrite dans un gabarit hors-tout de 45 cm »¹⁴, et l'épaisseur totale de tout complexe de plancher est au final de 60 cm.

Les piliers sont des tubes circulaires en acier munis d'une platine de fixation en bas et d'un « champignon » en haut. Tous les éléments sont boulonnés entre eux sur le chantier.

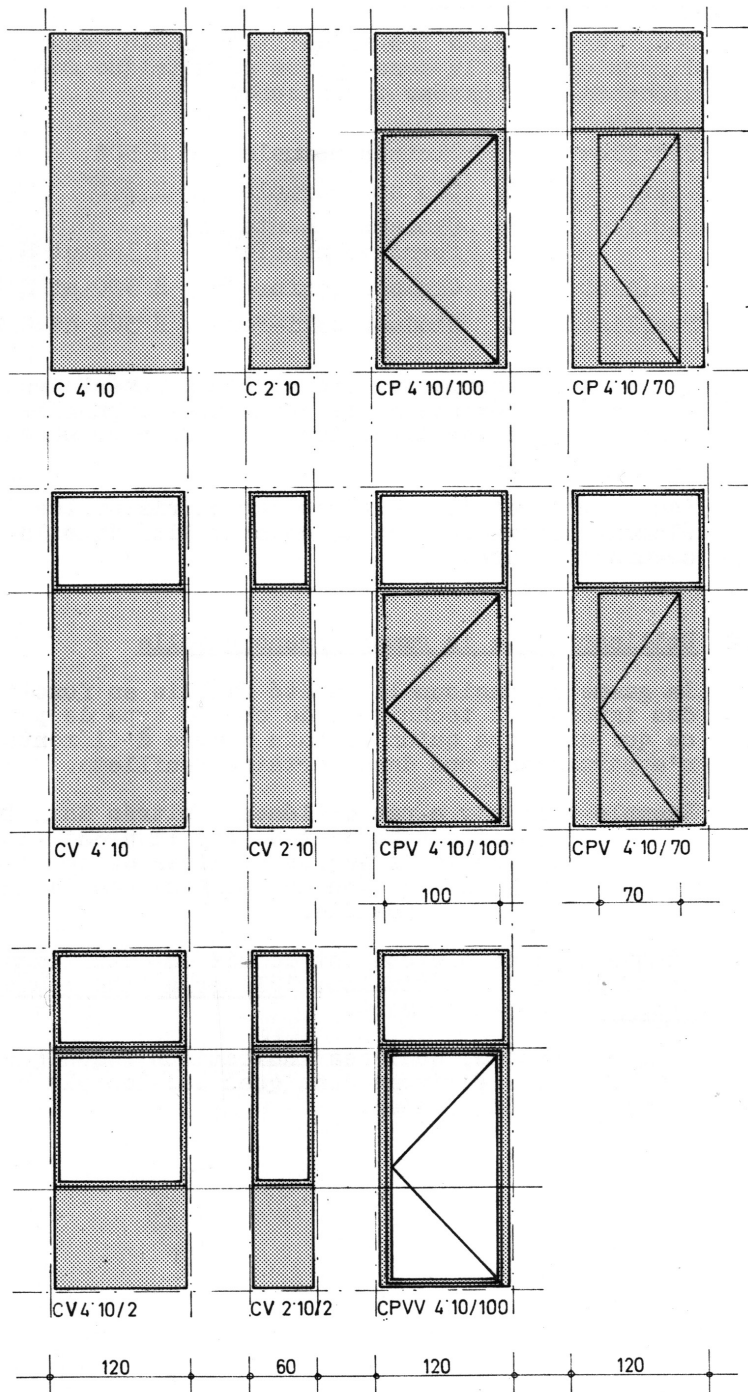
Le choix de l'ossature métallique est justifié par la volonté de préfabrication et de construction rapide en série.

Façades

Afin de ne pas trop limiter le choix des architectes quant à l'apparence de leur projet, le CROCS a mis en place quatre feuillets de « gammes dimensionnelles » permettant à l'architecte de composer les façades avec des panneaux aptes

¹³ CROCS, *Cahier rouge*, op. cit., ch.2.5.1.

¹⁴ CROCS, *Cahier rouge*, op. cit., ch.2.5.2.



Variantes de cloisons intérieures possibles, feuillet n°2.

à être fabriqués industriellement. Il décide ainsi librement des matériaux et de la composition des modules choisis.

La gamme se compose d'éléments pleins ou vitrés de différentes dimensions – respectant toujours le module de base de 10 cm – qui recouvrent toutes les situations que le système peut rencontrer.

Cloisons intérieures

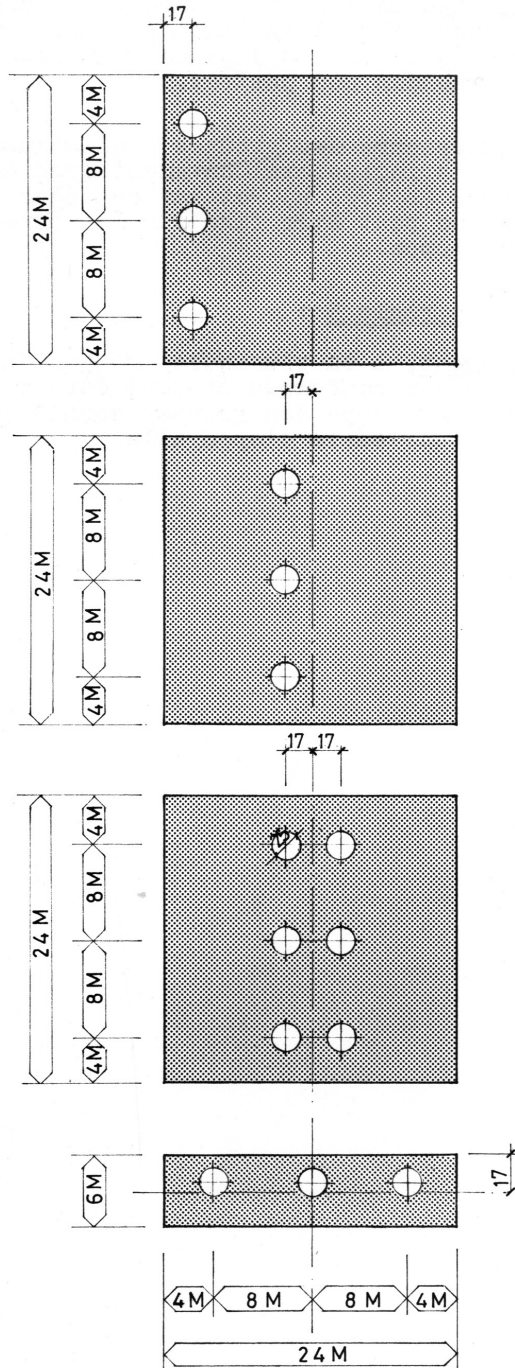
C'est dans les cloisons que la volonté des concepteurs d'établir un système adaptable et flexible se fait le plus ressentir.

Même si « le système permet en principe l'utilisation de parois de toute nature », la « préférence sera donnée aux parois légères démontables, réutilisables et offrant la possibilité d'incorporer systématiquement le réseau électrique. »

Plus précisément, ces parois se situent sur le quadrillage modulaire, sur l'axe des poutres principales et secondaires. Elles sont posées à même le revêtement de sol et rencontrent le plafond « sous l'aile inférieure » des poutres structurales.

Diverses solutions sont proposées pour résoudre les problèmes d'isolation acoustique qui résultent de la continuité du sol et du plafond, comme l'adjonction de barrière phonique sur les poutres structurales ou l'interruption de la chape coulée sur place au droit des cloisons (en conservant uniquement la continuité du revêtement final).

Tout comme les façades, les cloisons intérieures disposent de feuillets de gammes dimensionnelles permettant aux architectes de composer leurs intérieurs en jouant avec des parties transparentes et opaques.



Les quatres dallettes en béton armé préfabriquées pour écoulement WC.

Technique

Les éléments techniques du projet tels que les réseaux, la lumière naturelle ou artificielle, l'acoustique et la ventilation ont également été traités avec un soin particulier par les concepteurs du CROCS. Des chapitres très complets analysent, décrivent et proposent des solutions pour ces différents domaines.

La position des sanitaires dans le quadrillage modulaire, par exemple, est totalement réglée et toutes les positions – possibles ou impossibles – des écoulements sont données. En conséquence, quatre « dallettes en béton armé à percements normalisés pour écoulements WC » sont proposées, pouvant répondre à toutes les situations.

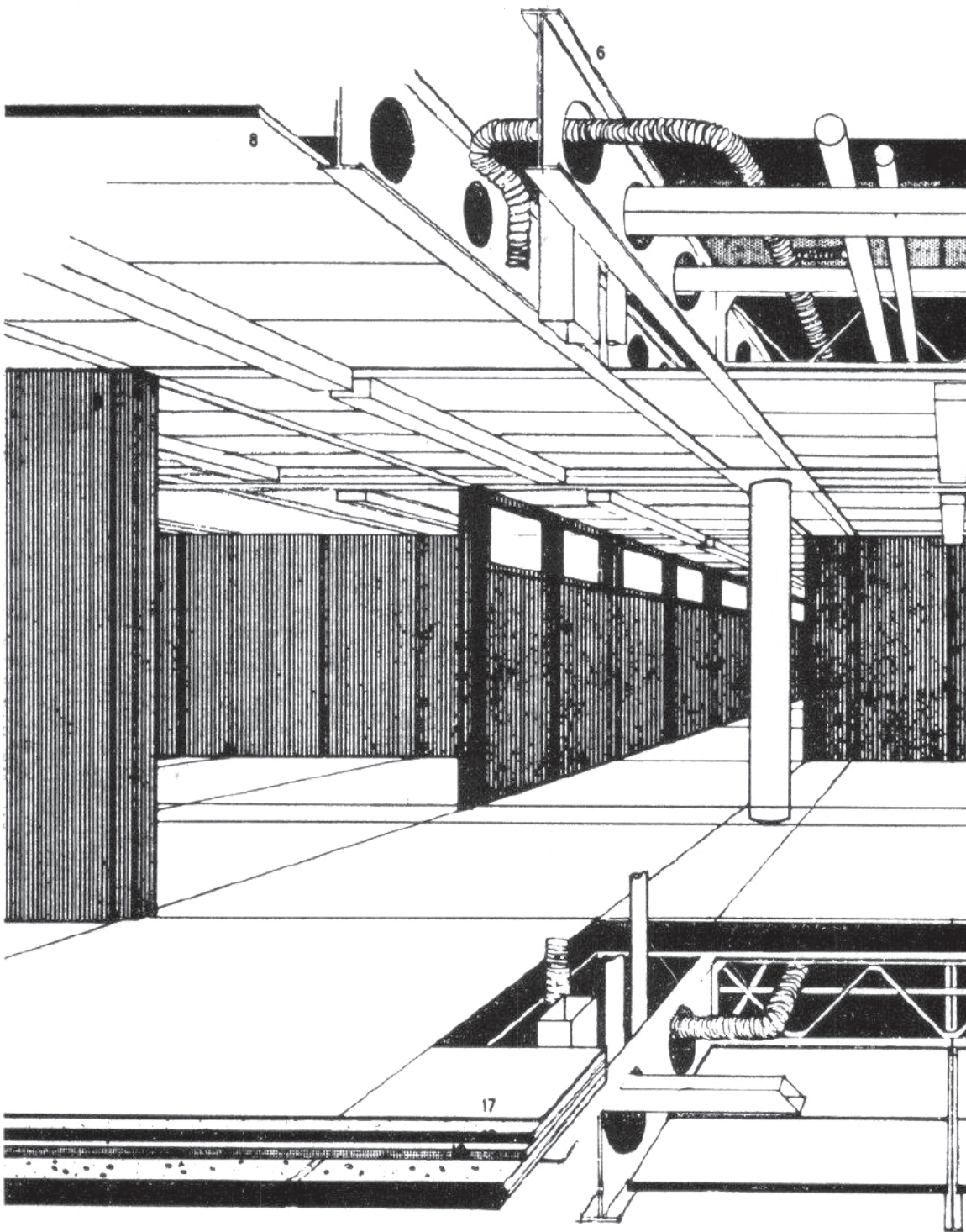
Il n'apparaît pas nécessaire pour ce travail de décrire plus en détail les aspects techniques du CROCS. Il convient simplement de noter que l'ensemble des domaines du bâtiment ont été traités avec une précision remarquable, chose nécessaire à la mise au point d'un système complet et cohérent.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU CROCS

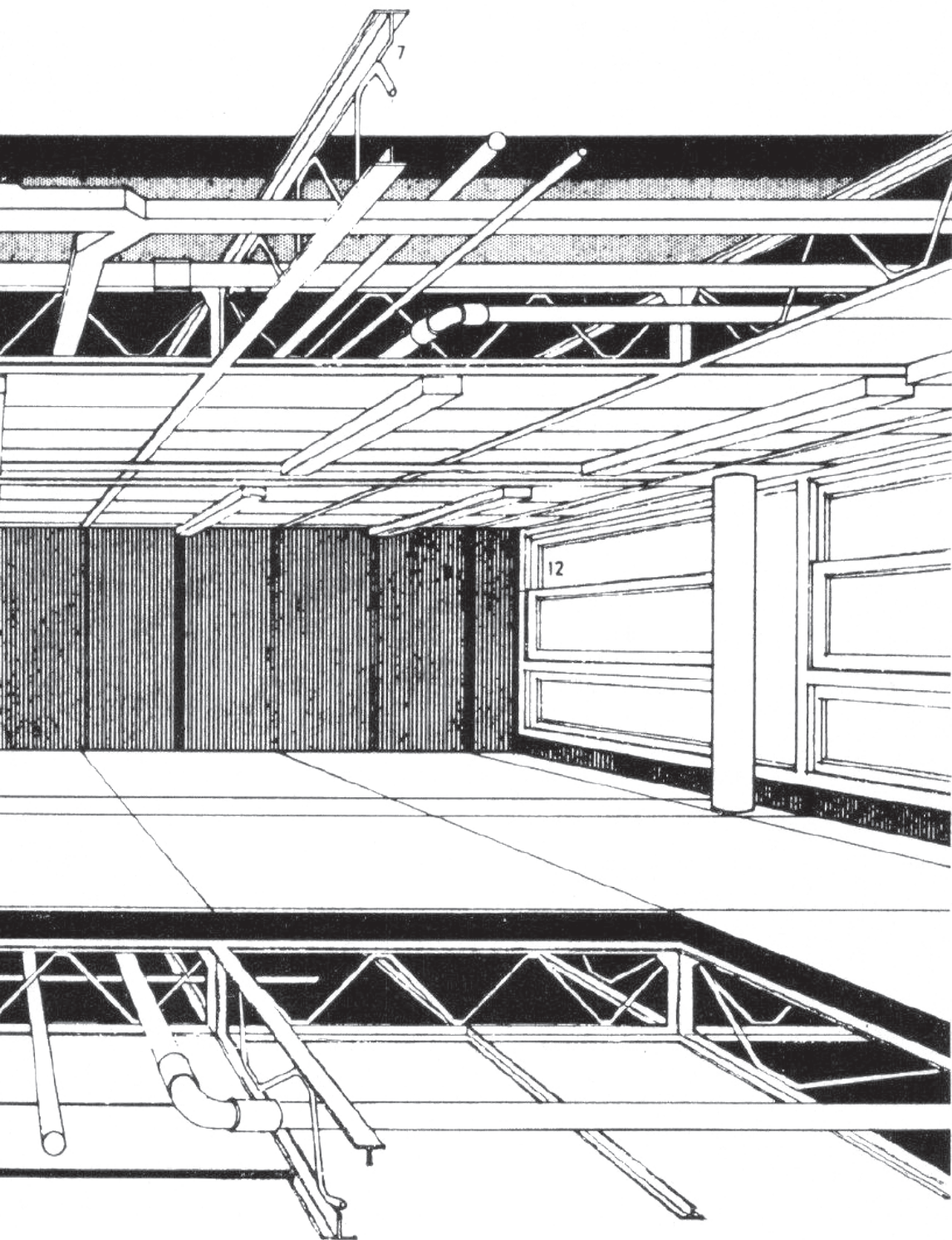
Le système CROCS a été utilisé pour vingt-sept établissements scolaires : dix-neuf dans le canton de Vaud, sept dans d'autres cantons romands et un en France. Sa simplicité et sa rapidité de mise en oeuvre couplées à une bonne maîtrise des coûts pour le maître d'ouvrage ont grandement contribué à son succès.

Le système a permis à la commune de Lausanne d'économiser environ 15% sur les coûts de la construction et de répondre efficacement à la hausse rapide du nombre d'élèves.

Néanmoins, le bilan du CROCS au long terme n'est pas aussi



Perspective éclatée intérieure du système CROCS.



bon. En effet, dès 1976, le système n'est plus utilisé en raison de l'augmentation du prix du pétrole qui fait exploser les coûts de chauffage, posant un important problème financier aux bâtiments très peu isolés. De plus, les matériaux utilisés résistent mal au temps et compliquent la restauration des bâtiments.

Un autre élément crucial du système, la modularité, n'a malheureusement pas fonctionné aussi bien que le souhaitent les concepteurs. En effet, « la transformation d'un étage de six classes en huit classes à Beausobre en 1972 [a] ainsi coûté plus de 40'000 francs; par conséquent, les parois furent peu déplacées dans les autres collèges. »¹⁵

Le bilan global du CROCS est donc mitigé. A court terme, il permet de répondre efficacement aux problèmes de croissance démographique et de maîtrise des coûts en utilisant des techniques modernes et rationnelles pour l'ensemble du système.

A long terme, les rénovations et les modifications s'avèrent trop coûteuses pour des bâtiments n'ayant pas encore atteint la durée de vie estimée.

OPEN PLAN SCHOOLS ET SCSD

La démarche entreprise par la commune lausannoise pour une rationalisation des constructions scolaires n'est pas un fait isolé. A la même époque différents systèmes plus ou moins semblables apparaissent, tel aux États-Unis en 1961 le School Construction Systems Development ou SCSD. Ce programme initié par l'Education Facilities Laboratories (EFL), une société à but non lucratif lancée par la Fondation Ford en 1958 et vouée à promouvoir la recherche dans les domaines de la

¹⁵ Dave Lüthi, *op. cit.*, p.121

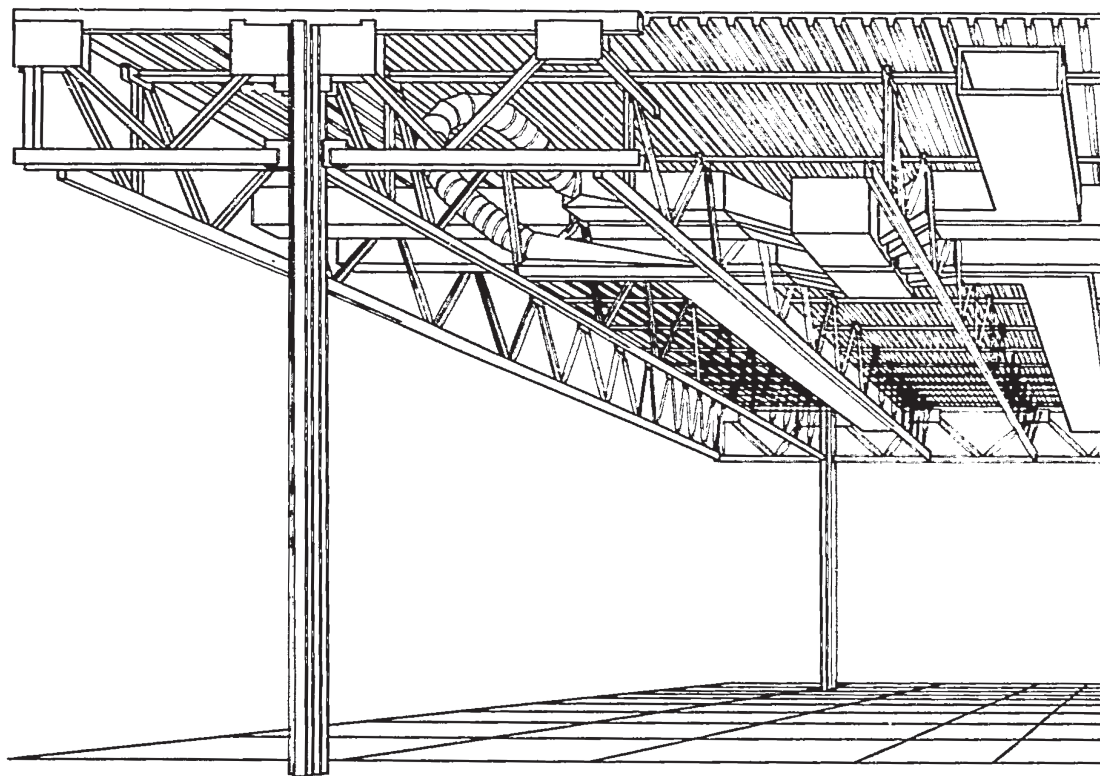
pédagogie et de la construction scolaire. Fondée en réponse à un accroissement rapide du besoin en infrastructures scolaires dû au baby-boom des années 1950 et 1960, cette société, très bien financée, lance de nombreuses recherches et envoie des architectes et des directeurs d'école à travers le monde pour étudier les solutions mises en place ailleurs.

L'une des innovations les plus importantes que l'EFL promeut aux États-Unis est l'Open Plan School. Ce principe, importé d'Angleterre, préconise la mise en place de grands espaces ouverts, flexibles, et adaptables. L'Open Plan School veut introduire la notion d'enseignement mutuel, éliminer les gradations du système traditionnel et favoriser un enseignement personnalisé pour chaque enfant selon ses centres d'intérêts.

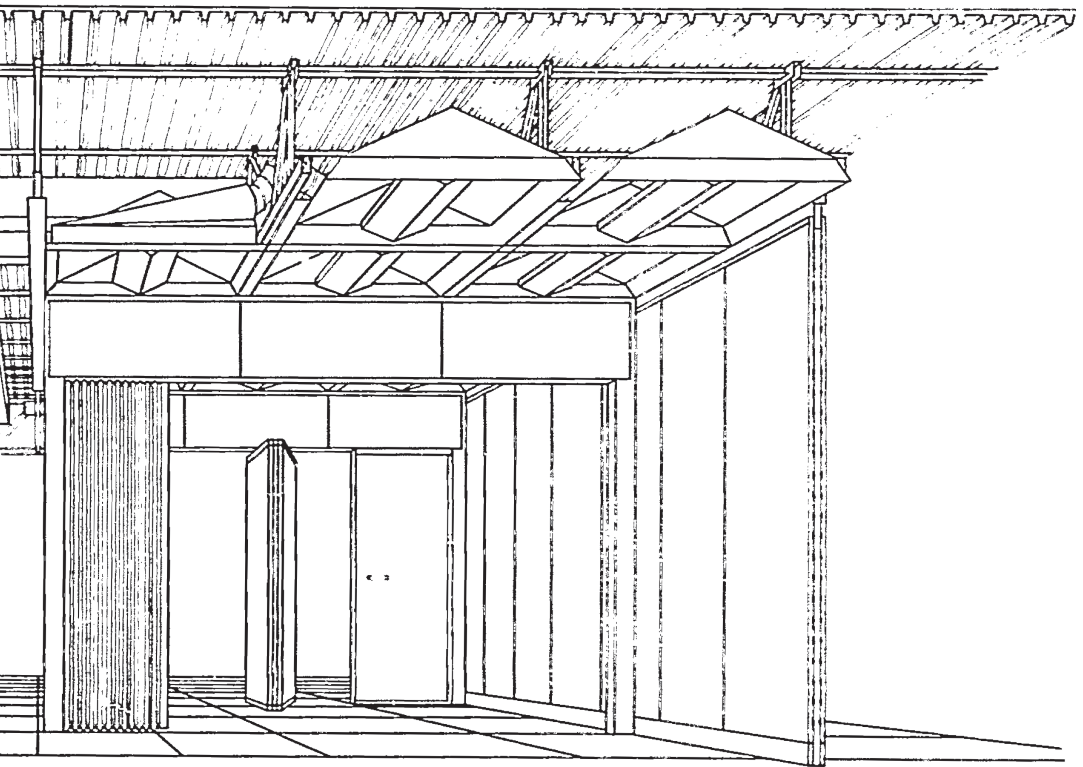
Ce fonctionnement innovant, qui rappelle ceux promu par le Père Girard ou Alfred Roth, est controversé dès sa mise en application. L'EFL parvient en effet à l'imposer dans de nombreux établissements à travers les États-Unis sans que tous les professeurs ne soient en accord avec la méthodologie préconisée et souvent sans même les former à cette nouvelle pratique. Les architectes, réellement les plus enthousiastes face à cette nouvelle idéologie, la propagent sans prendre le temps d'interroger les professeurs qui en sont les premiers utilisateurs.

Les plaintes de ces derniers se rejoignent sur le niveau d'attention des enfants qui n'arrivent souvent pas à rester concentrés dans un milieu ouvert et bruyant.

Un véritable fossé s'installe entre les architectes et le corps enseignant. Les premiers adeptes de l'Open Space et certains d'aller dans la bonne direction, les seconds parachutés dans un nouvel environnement éducatif auquel ils n'ont pas été préparés et qu'il ne soutiennent pas forcément.



SCSD, perspective présentant l'ensemble du système.



C'est dans ce contexte compliqué que furent érigées une grande partie des écoles du système SCSD.

PRINCIPES DU SCSD

Le School Construction Systems Development a été mis au point par une équipe d'architectes et d'ingénieurs sous la direction d'Ezra D. Ehrenkrantz dès 1961. Ce dernier avait pu observer la mise en place du système anglais CLASP (Consortium of Local Authorities Special Programme), développé dès 1946. Malgré des conditions différentes dans les deux pays, Ehrenkrantz jugea l'approche intéressante et applicable aux États-Unis. Il écrit un rapport pour l'EFL sur le système anglais en 1958, qui débouche sur la mise en place du SCSD dès 1961.

Le système offre aux architectes un catalogue d'éléments préfabriqués compatibles qu'ils peuvent utiliser librement pour concevoir leur projet. Le but est alors d'offrir un système permettant de diminuer les coûts par l'achat massif d'éléments préfabriqués modulaires.

*Basically it is a mean of using the efficiency of modern industrial production to construct schools, while still avoiding standardized plans or monotonous repetition of either rooms or general appearance.*¹⁶

La structure en treillis métallique permet des portées allant de 30ft à 75ft (9m à 23m), basé sur un module de base de 5ft (1,5m). L'un des points essentiels du système repose sur le fait que l'éclairage, la ventilation et le chauffage sont contenus dans l'espace de 36in (0,9m) entre la toiture et le plafond. Cet espace est appelé le « service sandwich »¹⁷.

¹⁶ Ebat, James, *SCSD : the Project and the Schools, a report from Educational Facilities Laboratory*, 1967, EFL, p.9.

¹⁷ James Benet [et al.], « SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories », New-York, Educational Facilities Laboratories, 1967, p.19.



Stanford Federal Credit Union, 1964, un des premiers prototypes du SCSD.

Le nombre d'étage est limité à deux, bien qu'il soit possible de l'augmenter grâce à un premier niveau en béton armé.

Concernant la liberté des architectes – souvent sujet à controverse dans les systèmes modulaires – les murs de façade ne sont pas du tout réglés par le système. L'architecte est donc totalement libre dans le choix des matériaux de façade et de la composition, donnant lieu à une grande variété d'apparence des bâtiments produits.

Finalement, précisons que tous les éléments du catalogue ne sont pas fabriqués par un seul et même producteur. Une entreprise de construction générale reçoit des offres d'entreprises pour les différents éléments du catalogue et les plus avantageuses sont retenues.

SYNTHÈSE

La Suisse a compté plusieurs grands pédagogues mais n'a jamais réellement réussi à mettre en pratique leurs idées. Un manque de recul évident des politiciens par rapport à celles-ci les a toujours retenu d'entreprendre des réformes ambitieuses et novatrices. Bien que le CROCS aborde théoriquement la thématique de la pédagogie, les écoles produites selon ce système respectent toujours les schémas classiques. Les apports positifs principaux de ce système ont finalement été la rapidité de construction et les économies réalisées à court terme.

Au contraire, L'EFL a implanté le SCSD parallèlement au renouvellement pédagogique constitué par l'Open Plan School. Mais l'expérience ne rencontra pas pour autant le succès, comme le suggèrent les témoignages, et fut interrompue rapidement.

Apparaissant à la même époque et répondant à des problématiques similaires – propres au contexte international de l'après-guerre – ces deux systèmes modulaires échouent à proposer une solution congruente et satisfaisante d'architecture scolaire.

De nos jours, la demande d'établissements scolaires est à nouveau au plus haut à Lausanne. Un article du *24Heures* daté du 3 décembre 2014 et intitulé « Le Canton impose des écoles trop chères aux communes », explique ainsi que l'introduction par le concordat HarmoS de la journée continue impose la « réunification des élèves sur des sites équipés d'un réfectoire » et exige la « construction très coûteuse de nouveaux bâtiments ». Frédy-Daniel Grossen, Président du conseil de l'Association scolaire intercommunale de la région d'Echallens, ajoute : « Nous construirons au meilleur marché, mais il y a un seuil au-

dessous duquel nous ne pouvons pas descendre. Nous n'avons presque aucune marge de manœuvre: le canton fixe le nombre d'élèves par classe, les dimensions des salles ou le nombre de salles spéciales. »

Si nous ajoutons à cela la prévision faite par le Projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM) de l'arrivée « d'environ 40'000 habitants et 30'000 emplois d'ici 2020 »¹⁸, il apparaît évident que les établissements lausannois risquent d'être pris de vitesse.

Ces observations nous permettent de postuler qu'un retour vers un système constructif modulaire serait une solution efficace pour répondre à une situation d'urgence, risquant de conduire à la construction précipitée d'écoles de moindre qualité.

Le présent projet se propose donc de développer un système de construction modulaire qui bénéficiera des enseignements des systèmes précédemment étudiés. Les problèmes rencontrés par le CROCS seront pris en considération pour concevoir un système répondant non seulement aux exigences contemporaines mais, dans la mesure du possible, futures de l'architecture scolaire.

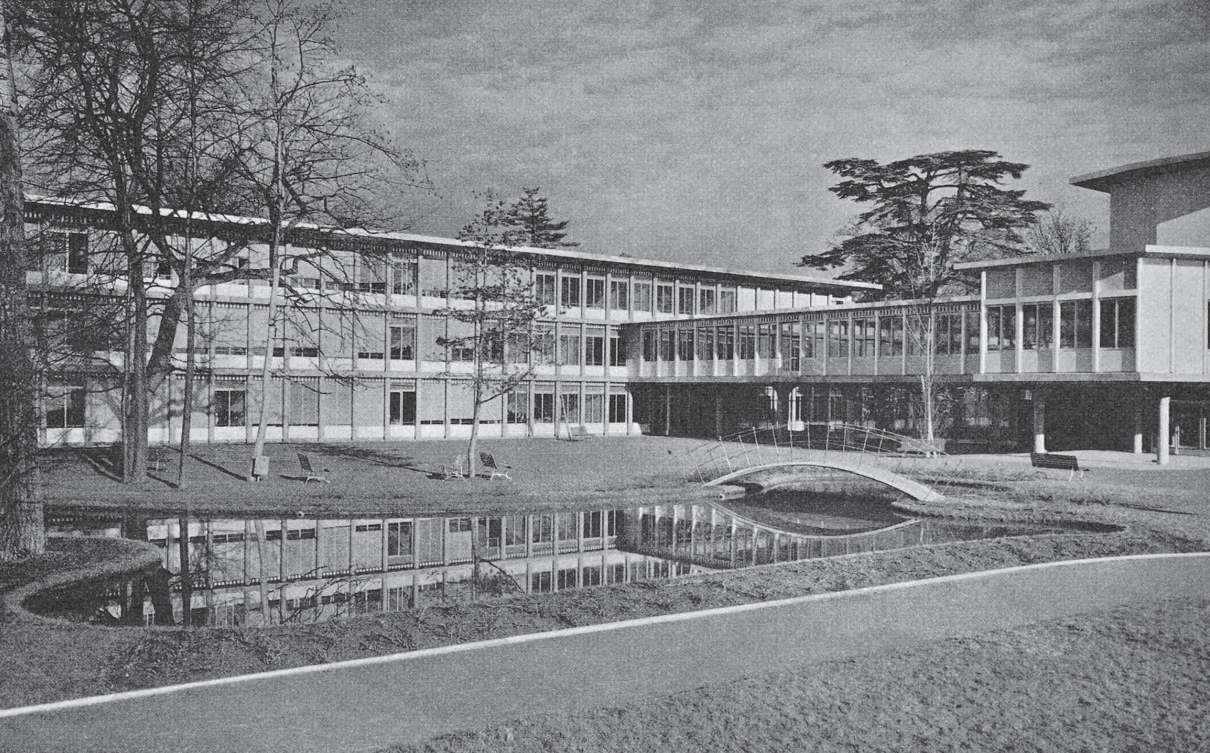
Un point primordial du projet consistera en l'intégration des technologies de conception numérique, les outils de dessins dont disposent les architectes de nos jours offrant de nouvelles possibilités d'optimisation des processus de conception. L'établissement d'un système modulaire paramétrique sera donc entrepris qui, allié à la technologie du Building Information Modeling (BIM), devra permettre un passage rapide et efficace de l'avant-projet au projet d'exécution en garantissant flexibilité et contrôle.

¹⁸ *Projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM). Pour un développement équilibré à l'horizon 2020, Résumé du rapport final, février 2007, p.1.*

Florilège de cas

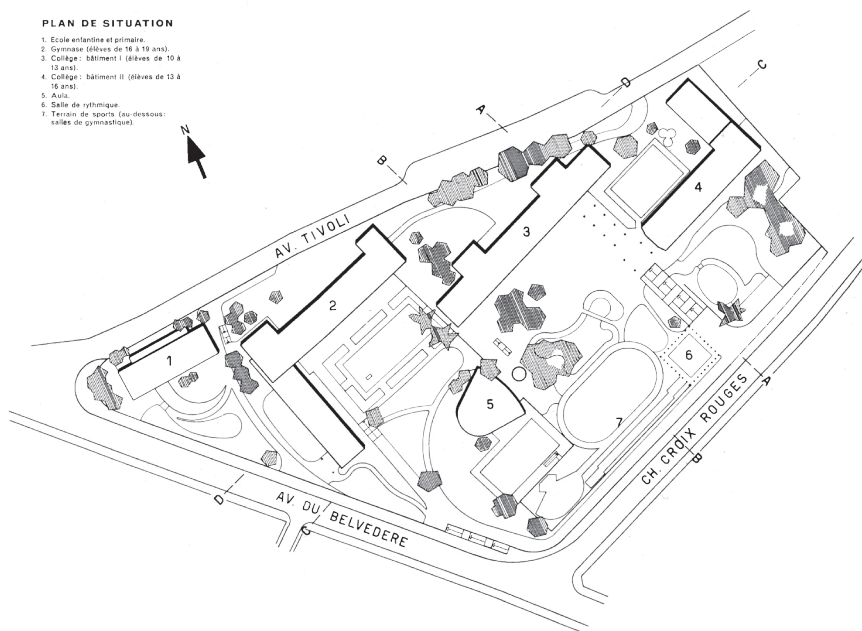
Les objectifs généraux du projet étant énoncés, ce chapitre analysera succinctement quelques constructions scolaires des dernières décennies nourrirons le système en devenir.

Elles seront présentées ici par ordre chronologique et, contrairement à ce qui aurait pu être attendu, ne sont pas limitées à Lausanne et sa région, mais à l'ensemble de la Suisse, afin d'avoir un regard plus large sur les constructions scolaires primaires.



Les bâtiments 3 et 4 vus depuis la cour.

Plan de situation du groupe scolaire du Bélvédère.



GROUPE SCOLAIRE DU BELVÉDÈRE

Architecte : Marc Piccard

Année de construction : 1957

Localisation : Lausanne, VD

Capacité : 1'600 élèves

Système constructif : béton armé

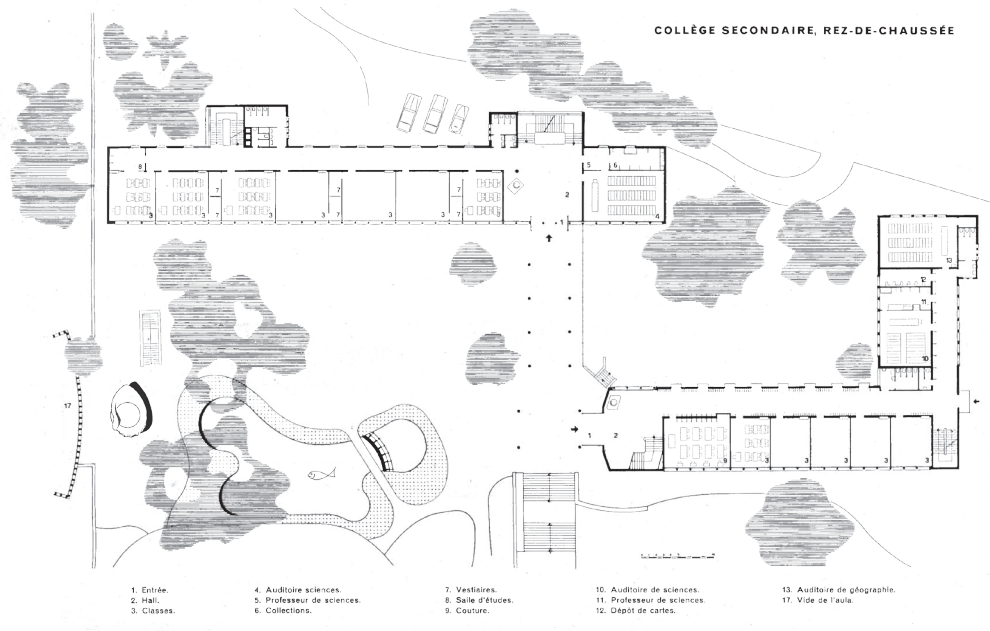
Le groupe scolaire du Belvédère, aujourd'hui collège du Belvédère, occupe une grande parcelle au centre de Lausanne à quelques minutes de la gare entre l'Avenue de Tivoli et l'Avenue Marc-Dufour.

Cet établissement prévu pour 1'600 élèves est disséminé sur l'ensemble du site en plusieurs bâtiments de faible hauteur. L'utilisation savante de la topographie du lieu permet d'éviter un effet de masse tout en satisfaisant à un programme exigeant en surface.

Le groupe comprend originellement une école enfantine dans sa partie Nord-Ouest, un gymnase, un collège, une aula et des installations sportives intérieures et extérieures.

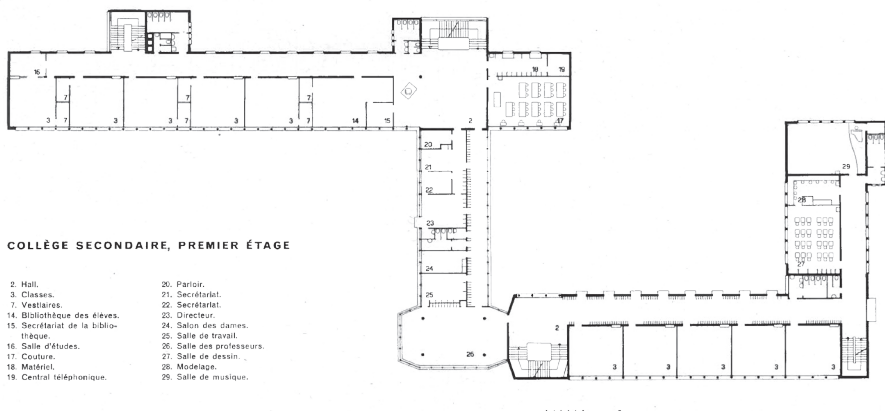
La typologie du gymnase et du collège est assez simple. Des couloirs bien éclairés au Nord desservent les salles de classes qui bénéficient en général d'une exposition Sud-Est ou Sud-Ouest. Les cages d'escaliers sont accolées aux bâtiments à chacune de leurs extrémités.

La disposition des édifices permet la mise en place d'un grand préau agréablement aménagé.



Plan du rez-de-chaussée des bâtiments 3 et 4.

Plan des étages des bâtiments 3 et 4.

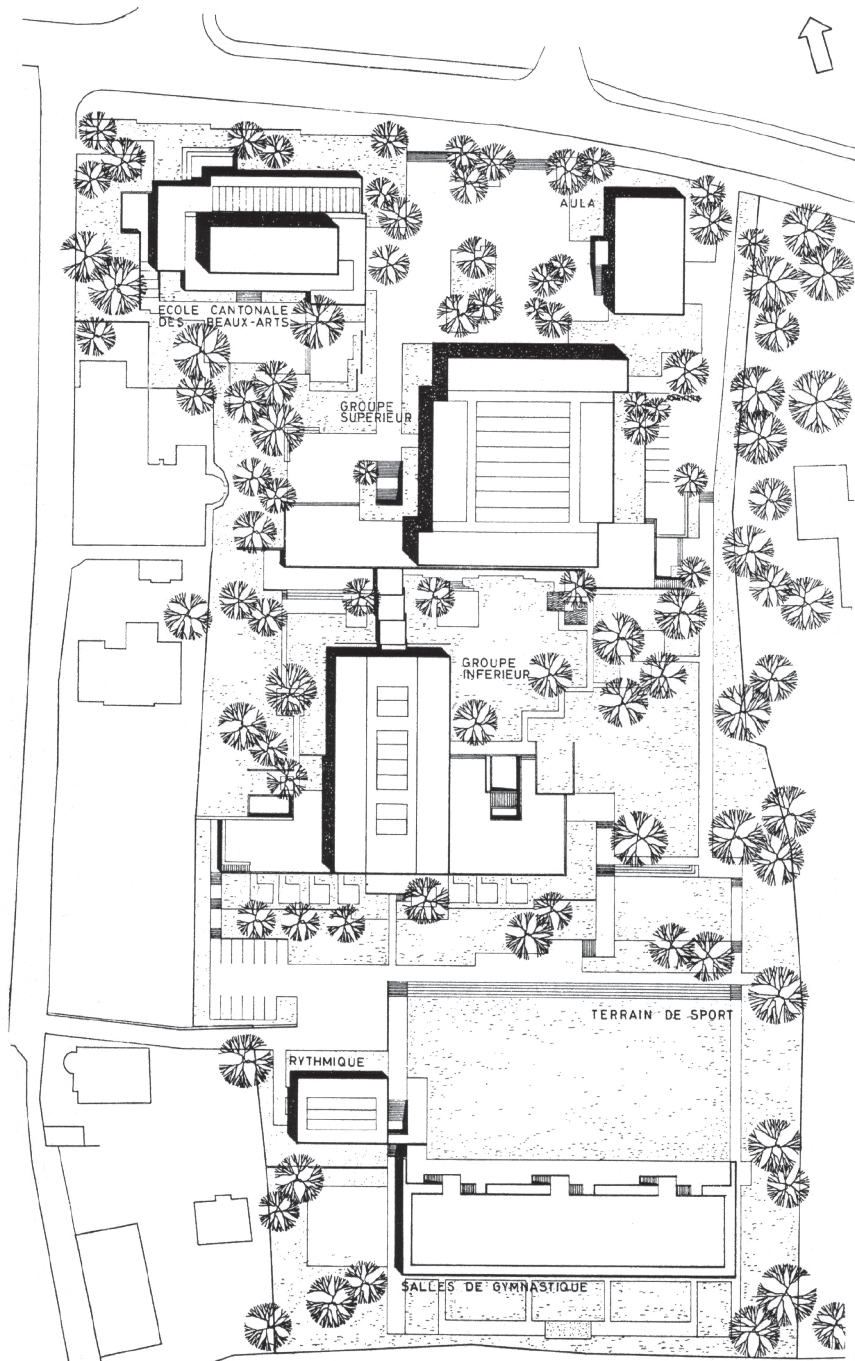




La cour du groupe scolaire dispose d'une vue spectaculaire sur les Alpes.

Vue du hall d'entrée du bâtiment 3.





Collège secondaire de l'Elysée, plan de situation.

COLLÈGE SECONDAIRE DE L'ÉLYSÉE

Architecte : C. + F. Brugger

Année de construction : 1961-1964

Localisation : Lausanne, VD

Capacité : 1'000 élèves

Système constructif : béton armé

Le collège secondaire de l'Elysée est idéalement situé sur un terrain en pente à proximité du lac Léman.

Regroupant l'école cantonale des Beaux-Arts et un collège secondaire pour environ 1'000 élèves, l'ensemble se répartit harmonieusement sur le site en laissant la part belle à la nature et à la végétation.

Les bâtiments, construits en béton armé apparent, possèdent un rez-de-chaussée vitré en retrait qui leur donne une certaine légèreté.

Dans le groupe supérieur, les salles de classes se déploient autour d'un grand patio couvert très lumineux accueillant la circulation verticale. Les salles de classes sont situées au Sud alors que les salles spéciales se répartissent sur les autres façades selon leurs besoins spécifiques.

GRUPE SCOLAIRE DE L'ÉLYSÉE

ÉCOLE SECONDAIRE
GRUPE SUPÉRIEUR

LAUSANNE

TRAVAIL
7 JUN 1950
Ses ADMINISTRATIF

PLAN DU 1^{er} ÉTAGE
P. 1^{er} : DRUGUEN ARCHITECTES
PL. N° 1057
LAUSANNE
SCHÈLLE 1/100

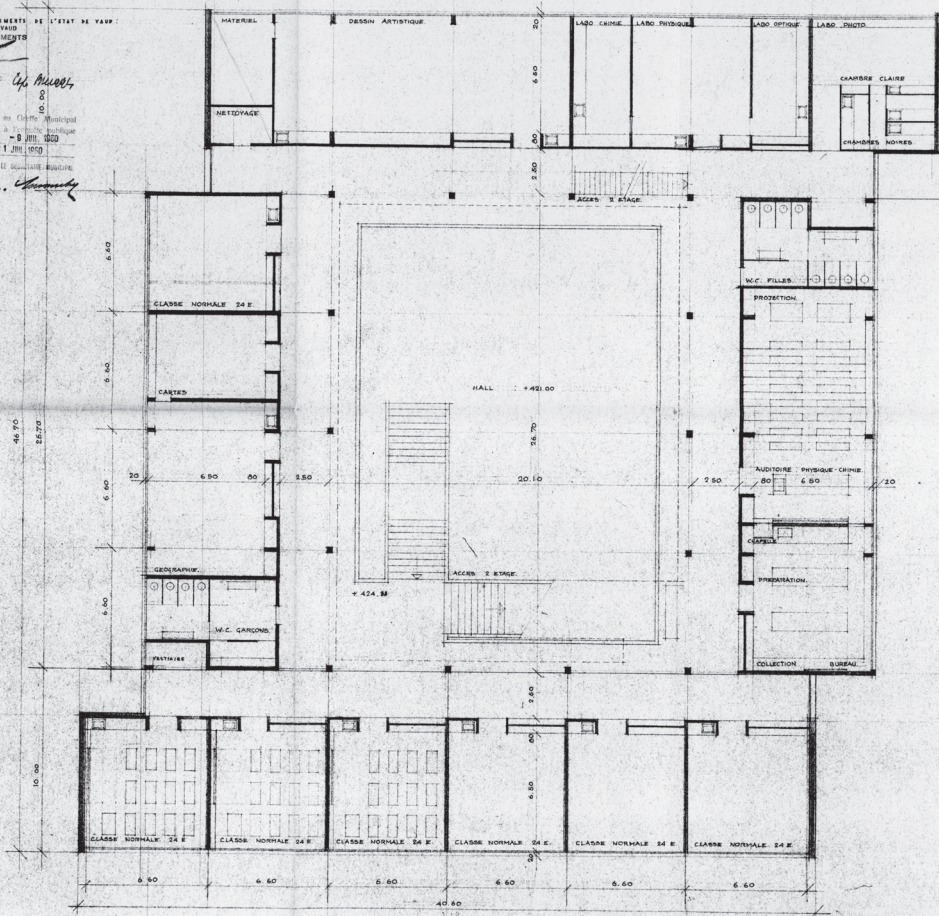
SERVICE DES BÂTIMENTS
TRAVAUX PUBLICS VAUD
SERVICE DES BÂTIMENTS
Canton de Vaud

LES ARCHITECTES : *Ch. Baudou*

Plan donné au Comité Municipal
pour être soumis à l'Assemblée publique
le 30 JUIN 1950 - 8 JUIN 1950
L'Assemblée a approuvé le 11 JUIN 1950

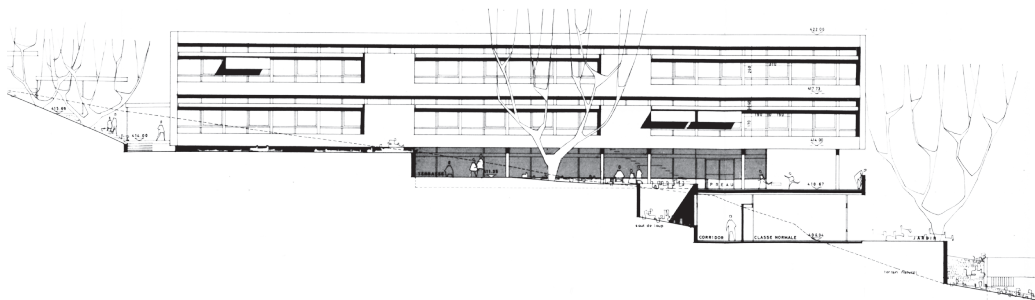
Il s'agit d'un BÂTIMENT

A. Chavigny



Plan du premier étage du groupe supérieur.

Élévation Ouest du groupe supérieur.





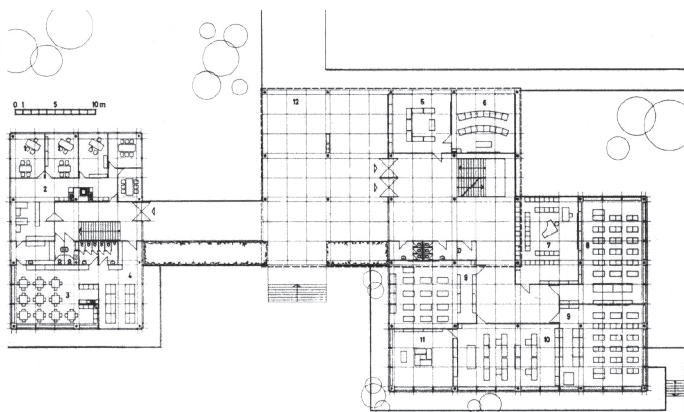
Vue du hall d'entrée du groupe supérieur.

Vue rapprochée de l'escalier en béton.



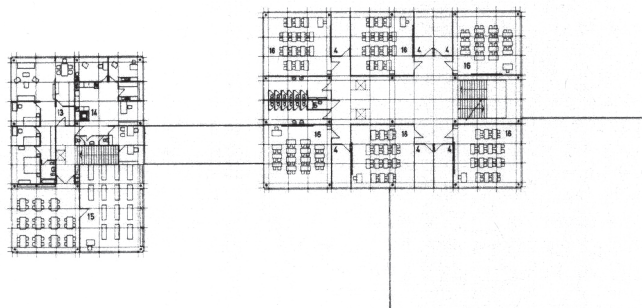


Le collège secondaire de Beausobre.



Plan du rez-de-chaussée.

Plan de l'étage.



COLLÈGE SECONDAIRE DE BEAUSOBRE

Architecte : Jean-Pierre Cahen

Année de construction : 1969-1970

Localisation : Morges, VD

Capacité : 650 élèves

Système constructif : CROCS

Le collège de Beausobre est le premier établissement prototype du CROCS construit par Jean-Pierre Cahen, architecte et concepteur du système.

Situé à proximité de l'autoroute dans le parc du même nom, l'établissement regroupe 650 élèves des communes avoisinantes.

Les salles de classes se répartissent uniformément dans toutes les directions autour d'une circulation centrale. Le bâtiment de l'administration est relié à celui des classes du premier cycle par un couvert alors que celui du second cycle est isolé plus au Nord. A l'Ouest, on trouve une salle de sport et une Aula, qui ont désormais été complétées par le Théâtre de Beausobre.

Il est intéressant de noter que la commune de Morges prévoit l'extension et la rénovation de l'ensemble du complexe, notamment par l'ajout de deux niveaux aux bâtiments scolaires. Malgré son âge, le système CROCS offre donc toujours une flexibilité appréciable.

GROUPE SCOLAIRE DES BERGIÈRES

Architecte : Marx Lévy et Bernard Vouga

Année de construction : 1972-1975

Localisation : Lausanne, VD

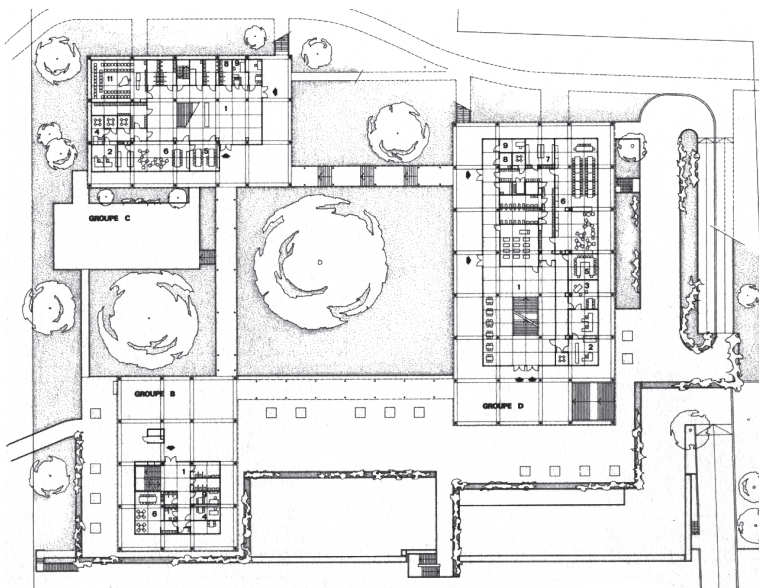
Capacité : 1'000 élèves

Système constructif : CROCS

Situé au Nord de la ville sur une parcelle en pente en dessous du Stade de la Pontaise, le groupe scolaire des Bergières dispose d'un panorama exceptionnel sur le lac Léman et les Alpes et d'un cadre verdoyant particulièrement agréable.

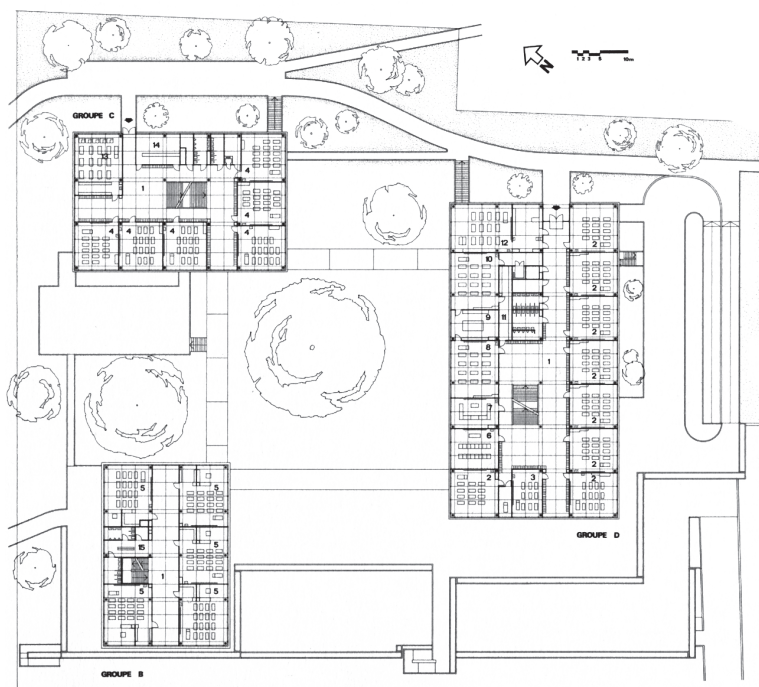
Conçu selon le système CROCS, il comprend plusieurs bâtiments disposés en terrasse, s'adaptant efficacement à la topographie.

Le plus grand bâtiment de classes, le groupe D, possède une organisation simple. Dans les étages, un escalier décentré dessert un grand dégagement débouchant sur un couloir qui traverse toute la longueur du bâtiment. L'administration occupe le rez-de-chaussée.



Plan du rez-de-chaussée.

Plan de l'étage.





Cour du collège des Bergières.

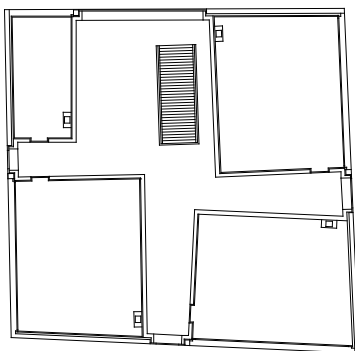
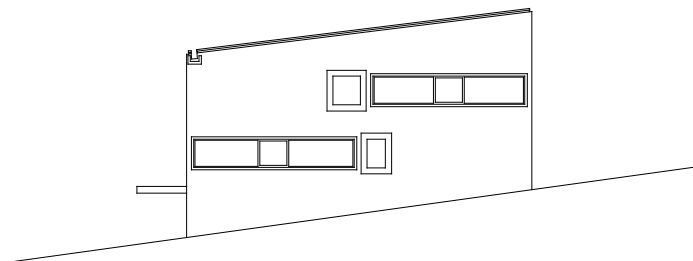
Le groupe B vuen contre-plongée.





L'école rurale de Paspels dans son contexte alpin.

Élévation et plan.



ECOLE RURALE DE PASPELS

Architecte : Valerio Olgiati

Année de construction : 1996-1998

Localisation : Paspels, GR

Capacité : 150 élèves

Système constructif : béton armé

Construite dans le petit village de Pastels dans les Grisons, l'école de Valerio Olgiati est une référence de la construction en béton armé.

Elle s'organise sur un plan carré légèrement déformé dans lequel s'inscrit une croix, elle aussi déformée pour accueillir l'escalier, qui distribue les classes.

Contrebalançant l'aspect froid du béton armé, les salles de classes sont entièrement recouvertes de bois, offrant une atmosphère chaleureuse à ses occupants.



L'arrivée à l'étage.

Une salle de classe.





Le centre scolaire de Cheseaux-sur-Lausanne.

Plan de Situation.



CENTRE SCOLAIRE LE MARAIS DU BILLET

Architecte : Mann-Capua Mann

Année de construction : 2004-2008

Localisation : Cheseaux-sur-Lausanne, VD

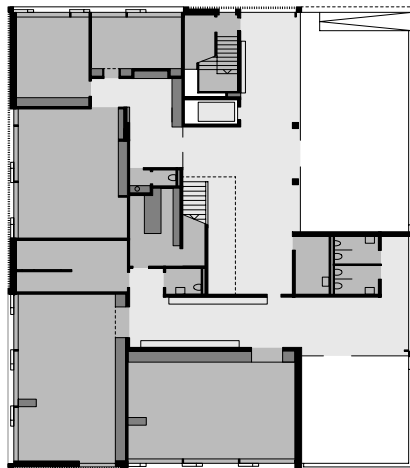
Capacité : 200 élèves

Système constructif : béton armé

Situé au Nord de la ville de Lausanne, la commune de Cheseaux s'est dotée en 2008 d'une véritable école primaire, destinée à libérer le bâtiment de l'administration communale adjacent qui remplissait auparavant également cette fonction.

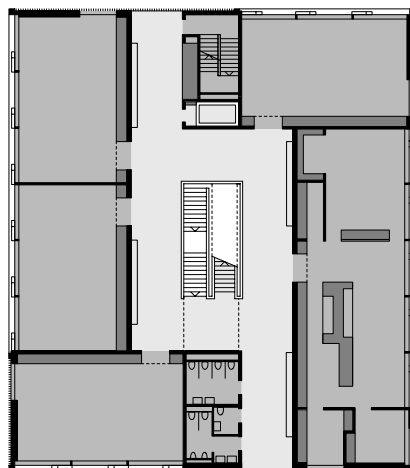
Le complexe, formé de l'école à proprement parler et d'une salle de gymnastique séparée, s'implante harmonieusement dans son contexte. Les deux volumes sont unifiés par leurs façades couvertes de lamelles métalliques créant une architecture simple et élégante.

Compact et lumineux, le bâtiment principal accueille dix salles de classe de dimensions semblables qui se déploient autour d'un escalier central. Celles-ci sont ainsi indifféremment orientées dans les quatre directions, permettant aux élèves et professeurs de profiter d'une vue agréable sur la campagne vaudoise.



Plan du rez-re-chaussée.

Plan du premier étage.





Vue de la circulation et des escaliers.

Salle de classe.





Vue du préau partiellement couvert.

Plan de situation.



MATTSCHULHAUS WIL

Architecte : Weber Hofer Partner AG

Année de construction : 2007-2008

Localisation : Wil, SG

Capacité : 400 élèves

Système constructif : béton armé

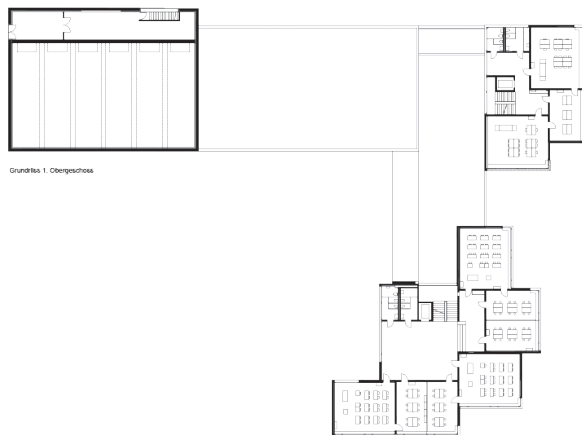
Construite au centre de la petite ville de Wil, ce bâtiment en béton armé apparent est composé d'une salle de gymnastique et d'un établissement primaire arrangé en *L* autour d'un préau orienté Sud-Ouest.

Les salles de classe sont situées dans deux *petits immeubles* qui émergent de l'ensemble à l'angle et à une des extrémités du *L*. Cette disposition et l'architecture particulière confèrent, depuis le Nord, une apparence presque résidentielle à l'ensemble. A chaque étage, un petit nombre de classes partagent le même palier. Au rez-de-chaussée, un grand hall-couloir relie les salles de classe à la salle de gymnastique.



Plan du rez-de-chaussée.

Plan du premier étage.





Vue de la cour de récréation.

Les salles de classes vues depuis l'Est.





Vue du bâtiment de nuit.

Maquette structurelle.



ECOLE COMMUNALE DE LEUTSCHENBACH

Architecte : Christian Kerez

Année de construction : 2009

Localisation : Leutschenbach, ZH

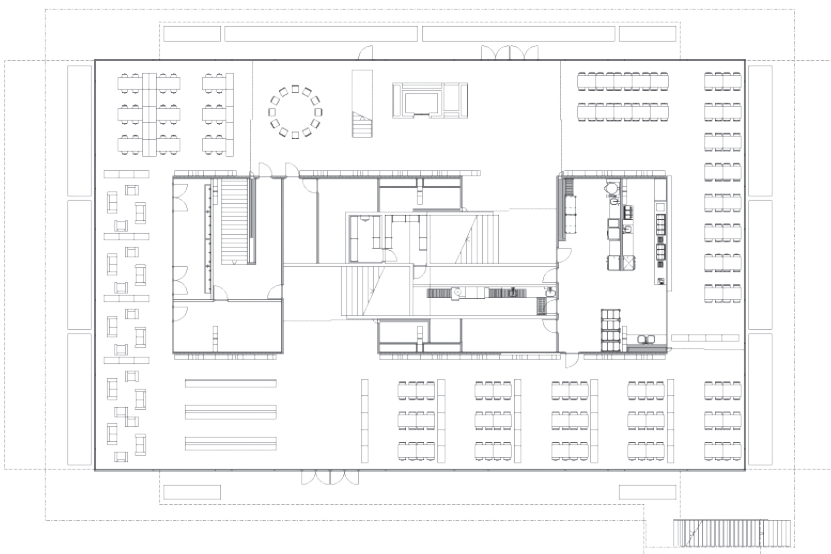
Capacité : 500 élèves

Système constructif : treillis métalliques

L'école primaire de Leutschenbach est une réalisation de renommée internationale de l'architecte Christian Kerez. Situé à mi-chemin entre une zone industrielle et un quartier résidentiel, le bâtiment frappe tout d'abord par sa hauteur et son esthétique inhabituelles.

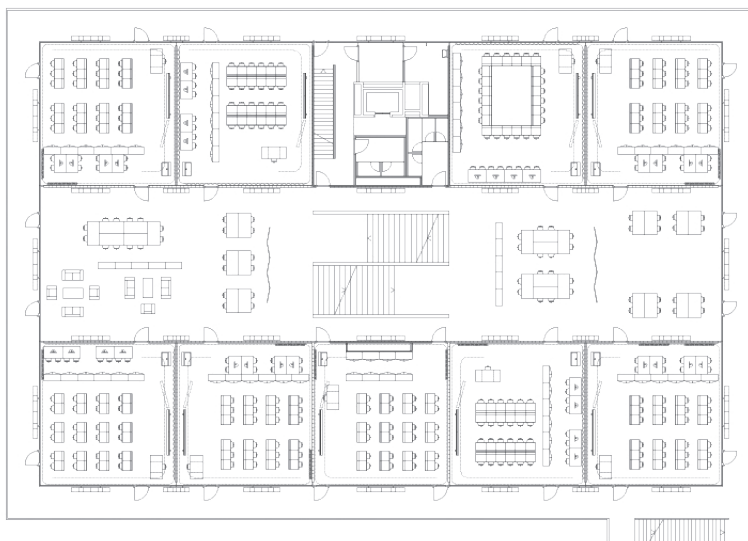
Composé par un ensemble de treillis métalliques gigantesques et de dalles en béton armé, le bâtiment entièrement vitré offre une vision nocturne fascinante. A l'intérieur, les cloisons en panneaux de polycarbonate permettent d'isoler les salles de classes tout en offrant une luminosité particulière aux halls centraux accueillant les escaliers.

Le bâtiment est étonnamment couronné par la salle de gymnastique, qui occupe tout un étage et offre un cadre spectaculaire à la pratique sportive.



Plan du rez-de-chaussée.

Plan du premier étage.





Espace de circulation à un étage.

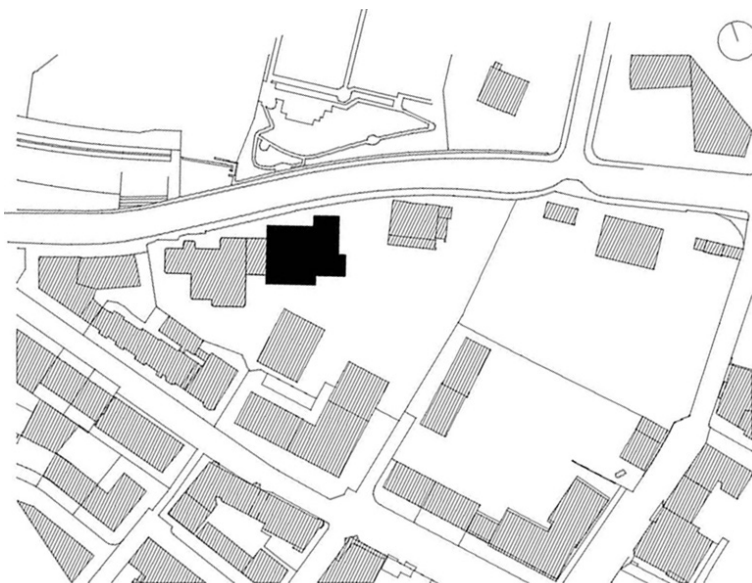
Salle de gymnastique au dernier étage.





Vue du bâtiment existant et de son extension.

Plan de situation.



EXTENSION DE L'ÉCOLE PRIMAIRE DE KREUZHÜHL

Architecte : Fischer Architekten

Année de construction : 2015

Localisation : Kreuzbühl, ZH

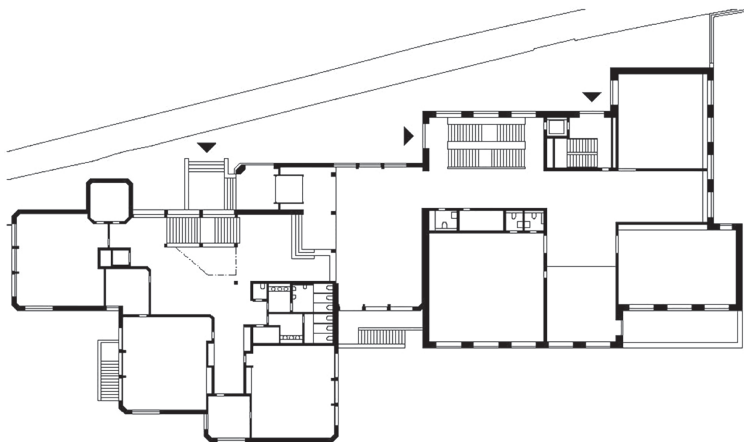
Capacité : 350 élèves

Système constructif : béton armé

L'école primaire de Kreuzbühl est située à l'Est du lac de Zürich, proche du centre-ville. Agrandie en 2015, elle peut désormais accueillir environ trois cent cinquante élèves.

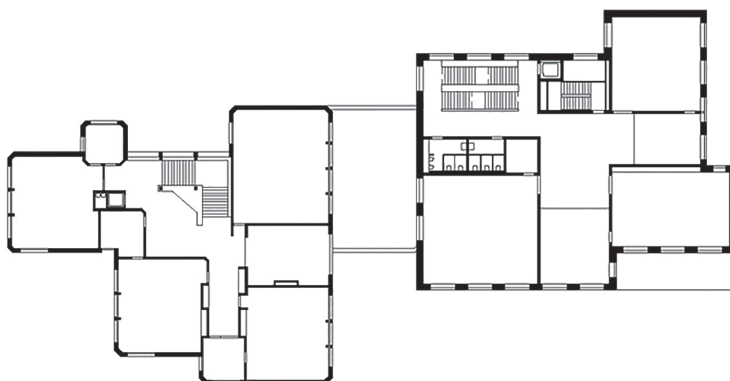
L'ancien bâtiment construit en béton préfabriqué a été complété par un bâtiment sobre en béton apparent coulé sur place.

A l'intérieur, la nouvelle partie s'inspire directement des formes existantes pour agencer les salles de classe autour d'un noyau central de circulation. Les deux entités communiquent uniquement par le rez-de-chaussée mais forment néanmoins un tout cohérent de par leur aspect minéral et leurs contours similaires.



Plan du rez-de-chaussée.

Plan du premier étage.





Vue du bâtiment depuis le Sud-Est.

Escaliers et finitions intérieures en béton brut.



Législation

La conception d'un modèle paramétrique tel que le nôtre implique le recensement des lois, des règlements et des normes régissant le projet. Elles forment en effet les contraintes de base du modèle. De la largeur minimale d'un escalier au gabarit maximal admissible sur une parcelle, ce chapitre s'appliquera à lister et décrire brièvement l'ensemble de la législation entourant les constructions scolaires primaires de la commune de Lausanne.

Même si la prise en compte de la législation est partie intégrante de ce projet, la possibilité de sa modification reste tout à fait envisageable, afin d'intégrer par exemple un modèle pédagogique différent de celui en cours.

CONCORDAT HARMOS

Le concordat HarmoS vise principalement à l'harmonisation des parcours scolaires en Suisse. La souveraineté des cantons n'est pas remise en question par le concordat mais il s'attache à améliorer la mobilité nationale et internationale :

Art. 1 But

Les cantons concordataires harmonisent la scolarité obligatoire

a. en harmonisant les objectifs de l'enseignement et les structures scolaires, et

b. en développant et assurant la qualité et la perméabilité du système scolaire au moyen d'instruments de pilotage communs.

Art. 2 Principes de base

1. Respectueux de la diversité des cultures dans la Suisse plurilingue, les cantons concordataires appliquent le principe de la subsidiarité dans toutes leurs démarches en faveur de l'harmonisation.

2. Ils s'efforcent de supprimer tout ce qui, sur le plan scolaire, fait obstacle à la mobilité nationale et internationale de la population.

A ces fins, le concordat définit la durée de l'école obligatoire à onze années composées de huit ans de cycle primaire et de trois ans de cycle secondaire. L'âge auquel les enfants débutent leur scolarité, l'un des grands sujets de controverse dans plusieurs cantons suisses-allemands, est fixé à 4 ans révolus.

L'école primaire concerne donc les enfants de quatre à douze ans, les deux premières années constituant l'école infantine.

Suite à la votation populaire du 21 mai 2006, la Constitution a été mise à jour selon les objectifs du concordat :

Art. 62 Instruction publique

1. *L'instruction publique est du ressort des cantons.*
2. *Les cantons pourvoient à un enseignement de base suffisant ouvert à tous les enfants. Cet enseignement est obligatoire et placé sous la direction ou la surveillance des autorités publiques. Il est gratuit dans les écoles publiques.*
3. *Les cantons pourvoient à une formation spéciale suffisante pour les enfants et adolescents handicapés, au plus tard jusqu'à leur 20e anniversaire.*
4. ***Si les efforts de coordination n'aboutissent pas à une harmonisation de l'instruction publique concernant la scolarité obligatoire, l'âge de l'entrée à l'école, la durée et les objectifs des niveaux d'enseignement et le passage de l'un à l'autre, ainsi que la reconnaissance des diplômes, la Confédération légifère dans la mesure nécessaire.***
5. ***La Confédération règle le début de l'année scolaire.***
6. *Les cantons sont associés à la préparation des actes de la Confédération qui affectent leurs compétences; leur avis revêt un poids particulier.*

Le concordat ne s'intéresse donc pas spécifiquement à l'architecture mais les modifications apportées l'influence forcément.

RÈGLEMENTATION CANTONALE

Suite à l'entrée en vigueur du concordat HarmoS, le canton de Vaud a mis en place la nouvelle *Loi sur l'enseignement obligatoire (LEO) du 7 juin 2011*. Elle redéfinit les objectifs et l'organisation de l'école primaire et enfantine en y intégrant les éléments du concordat.

C'est plus particulièrement le *Règlement d'application du 2 juillet 2012 (RLEO)* qui va nous intéresser, de par sa nature concrète.

Art. 19 Regroupement des locaux scolaires (LEO art. 27)

1. Dans la mesure du possible, les communes veillent à grouper les locaux et installations scolaires de manière à éviter aux élèves des déplacements durant le temps consacré à l'enseignement.

Art. 61 Effectif des classes (LEO art. 78)

1. En règle générale, l'effectif d'une classe ou d'un groupe se situe : entre 18 et 20 élèves au degré primaire.

Ces deux ensembles de lois ne s'attardent toujours que très peu sur l'établissement scolaire en tant que bâtiment et règlent plutôt l'organisation interne et les éléments liés à la pédagogie.

A un autre niveau, les *Directives et recommandations concernant les constructions scolaires* édictées par le Département de la Formation, de la Jeunesse et de la Culture, donnent des informations plus précises concernant les points suivants :

- a) données techniques de caractère général;*
- b) conception, disposition et équipement des salles d'enseignement;*
- c) conception, disposition et équipement des services.*

Ce document traite d'éléments comme la « suppression ou [la] protection des angles vifs », « la hauteur minimum des allèges », la qualité de l'air, l'acoustique, le confort visuel, la largeur des couloirs et escaliers, la température ambiante ou le débit d'air frais recommandés.

Si la première partie de ce document est réservée aux directives, obligatoires par nature, la seconde est dédiée aux recommandations qui revêtent un caractère plus qualitatif. L'article 2.13, par exemple, commence ainsi :

...Un espace n'est jamais neutre. Il suscite des sentiments, il incite à des attitudes, il provoque des comportements. L'espace aménagé crée une atmosphère. Celle-ci est le résultat de la forme de la pièce, des meubles qui s'y trouvent, de leur disposition. En classe, plus encore que dans une maison, l'aménagement de l'espace est au service de ce que l'on veut faire. Il traduit la pédagogie de l'enseignant-e, son attitude dans la relation avec les enfants, sa conception de l'apprentissage. »¹⁹

Cela traduit bien la philosophie qui sous-tend l'ensemble de cette seconde partie, dédiée à promouvoir une architecture scolaire à la fois agréable et adaptée à l'enseignement. Elle traite de l'aménagement des différentes salles de classe, de leur architecture (éclairage naturel et artificiel, forme, flexibilité) et des équipements nécessaires à chaque activité.

PROTECTION INCENDIE

Le *Règlement concernant les prescriptions sur la prévention des incendies*, édicté par le Conseil d'Etat du Canton de Vaud, stipule que les normes techniques de l'Association des établissements cantonaux d'assurance contre les incendies (AEAI) sont applicables.

L'AEAI est une association accréditée par la Confédération qui formule des normes techniques et des directives en rapport avec la protection incendie. Celles-ci sont appliquées dans toute la Suisse.

Une des directives les plus influente sur l'architecture concerne les voies d'évacuation et de sauvetage. Elle définit le nombre, la longueur et la largeur de celles-ci.

¹⁹ Jacqueline Caron, Canada-Montréal 1994 - Editions de la Chenelière.

2.4.3 Longueur totale des voies d'évacuation (voir annexe)

1. La longueur des voies d'évacuation est limitée à 35 m lorsqu'elles aboutissent à une seule voie d'évacuation verticale ou une seule issue donnant sur un lieu sûr à l'air libre.

2. Leur longueur est limitée à 50 m lorsqu'elles aboutissent à au moins deux voies d'évacuation verticales ou issues, éloignées l'une de l'autre et donnant sur l'air libre.

2.4.5 Largeur et hauteur des voies d'évacuation (voir annexe)

1. La largeur exigée pour les portes et pour les voies d'évacuation horizontales et verticales dépend du nombre d'occupants. La largeur des voies d'évacuation est déterminée par le local recevant le plus grand nombre de personnes (voir chiffres 3.5.2 et 3.5.3).

2. Les voies d'évacuation horizontales doivent avoir une largeur minimale de 1,2 m.

3. Les escaliers à volées droites et leurs paliers doivent avoir une largeur minimale de 1,2 m. Les escaliers en colimaçon doivent avoir une largeur minimale de 1,5 m, le giron intérieur devant mesurer au moins 0,15 m. Des dérogations sont possibles en fonction de l'affectation (voir chiffre 3).

4. La largeur de passage des portes doit être de 0,9 m au minimum. Des dérogations sont possibles en fonction de l'affectation (voir chiffre 3).

5. La hauteur de passage des portes doit être de 2,0 m et celle des voies d'évacuation horizontales de 2,1 m au moins. Des dérogations sont possibles en fonction de l'affectation (voir chiffre 3).

6. Les dimensions de passage des portes donnant accès à des locaux d'importance secondaire peuvent être réduites (locaux de nettoyage, petits entrepôts, locaux sanitaires, etc.).

3.4 Écoles

3.4.1 Voies d'évacuation verticales et horizontales non séparées par des fermetures coupe-feu
Dans les bâtiments de faible hauteur, il est possible de renoncer aux fermetures coupe-feu entre les voies d'évacuation horizontales et verticales lorsque:

a) la surface d'étage par voie d'évacuation verticale ne dépasse pas 900 m²;

b) les voies d'évacuation horizontales situées entre des voies d'évacuation verticales sont pourvues d'un compartimentage résistant au feu;

c) la construction des voies d'évacuation horizontales est équivalente à celle des voies d'évacuation verticales en ce qui concerne les matériaux utilisés, la résistance au feu et le danger d'activation (à l'exception des vestiaires ouverts équipés de crochets et de bancs fixes).

Ces articles, parmi d'autres, sont repris et explicités dans une *Aide de travail de protection incendie dédiée aux bâtiments scolaires*. Ce document permet de cerner rapidement l'ensemble de la réglementation incendie concernant les établissements scolaires.

Nombre de ces articles sont déjà intégrés aux *Directives et recommandations concernant les constructions scolaires*, tel que la largeur des couloirs et des escaliers par exemple.

CONSTRUCTIONS SANS OBSTACLES

La *Loi fédérale sur l'égalité pour les handicapés (LHand)*, entrée en vigueur le 1er janvier 2004, a introduit au niveau fédéral l'obligation de créer « des conditions propres à faciliter aux personnes handicapées la participation à la vie de la société »²⁰.

Au niveau cantonal, cela se traduit par la mise en place de lois et règlements sur les constructions destinés à éliminer tous obstacles à la mobilité des personnes handicapées.

Dans le canton de Vaud, les *Directives et recommandations concernant les constructions scolaires* fixent comme base obligatoire « la norme CRB - SN 521500 », remplacée récemment par la norme SIA 500, édictée par la Société des Ingénieurs et Architectes suisses.

Elle « part du principe que l'environnement construit doit satisfaire aux besoins de tous, également des personnes dont la mobilité est réduite, provisoirement ou à long terme, par suite d'un accident, d'une maladie ou de l'âge, qu'il s'agisse d'un handicap moteur ou d'un handicap sensoriel. Ce principe découle du droit des personnes handicapées à l'égalité, droit

²⁰ *Loi fédérale sur l'élimination des inégalités frappant les personnes handicapées du 13 décembre 2002 (Etat le 1er juillet 2013), art.1 al.2.*

qui est aujourd'hui inscrit dans la Constitution fédérale. »²¹

La norme traite entre autre des largeurs de passage, de la gestion des seuils, des aménagements spéciaux dédiés aux personnes handicapées et des pentes admissibles.

Encore une fois, l'influence principale de ces articles sur le système modulaire concerne les dimensions de base des circulations horizontales et verticales ainsi que certains aménagements comme les sanitaires dédiés.

RÉGLEMENTATION COMMUNALE

Dans la commune de Lausanne, c'est le *Plan général d'affectation* (PGA) qui règlemente de manière localisée, en accord avec le droit cantonal et fédéral, la construction.

Il régit notamment le zonage, la distance aux limites, la distance entre bâtiments, la hauteur maximale des corniches et bien d'autres aspects de la construction et des aménagements.

Afin de déterminer précisément quels seront les contraintes à appliquer au projet, il est nécessaire de choisir un site au sein de la commune de Lausanne, celle-ci étant divisée en zones et « pour chaque fraction, des conditions déterminées d'affectation et de construction sont applicables. »²²

²¹ Norme SIA 500, *Constructions sans obstacles*, valable dès le 1er janvier 2009, avant-propos.

²² *Plan d'affectation général*, règlement du 26 juin 2006, commune de Lausanne, art.82.

Outils numériques

Pour commencer, il convient de brièvement rappeler ce qu'est la conception paramétrique.

Parametric modeling is not new: building components have been adapted to context for centuries.²³

La conception paramétrique est une façon de dessiner des pièces ou des objets, généralement tridimensionnels, par le biais de paramètres et de contraintes géométriques liées entre elles et qui peuvent être modifiées facilement par la suite. La modification d'une dimension ou d'un paramètre se répercutera donc dans l'entier du modèle sans que le concepteur n'ait à redessiner entièrement le modèle, problème couramment rencontré lors de la production de variations en phase préliminaire de projet.

Parametric modeling introduces fundamental change: 'marks', that is, parts of the design, relate and change together in a coordinated way.²⁴

En 1963 déjà, Ivan E. Sutherland dévoilait Sketchpad – un des précurseurs des logiciels de conception assistée par ordinateur – développé dans le cadre de sa thèse doctorale. Ce programme à l'époque révolutionnaire utilisait déjà les contraintes paramétriques et permettait à l'utilisateur de dessiner à l'aide d'un stylet et d'un set de boutons.

De nos jours, les logiciels destinés aux architectes n'utilisent que très peu la conception paramétrique telle que nous l'entendons ici. Ce sont surtout les ingénieurs qui y ont recours avec des logiciels tels que TopSolid®, Autodesk Inventor® ou Catia®.

²³ Robert Aish & Robert Woodbury, 2005, *Multi-level Interaction in Parametric Design*, cité par Daniel Davis dans *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*, PhD Thesis, RMIT University, 2013, p.23.

²⁴ Robert Woodbury, *Elements of Parametric Design*, Londres, Routledge, 2010, p.11.



Ivan Sutherland utilisant le Sketchpad, 1963.

Pour ce travail, le modèle paramétrique sera principalement utilisé pour la mise en place de la typologie et la génération rapide et efficace de variantes de projet à l'aide d'un seul modèle. A la façon du système CROCS, un catalogue d'éléments sera dessiné et pourra être attribué aux différentes parties et mis à jour dynamiquement.

La mise au point de ce système modulaire paramétrique nécessite de choisir d'emblée les bons outils afin de pouvoir cerner au mieux leur fonctionnement et les possibilités de communication entre eux.

Les chapitres suivants décriront brièvement les outils qui seront utilisés pour le développement du projet, sans que cette sélection ne soit cependant définitive.

GRASSHOPPER

La première partie du projet sera développée dans le logiciel Grasshopper, extension de Rhinoceros 3D, un programme de dessin tridimensionnel surfacique très utilisé dans le domaine de l'architecture et du design industriel. Rhinoceros ne possède initialement aucune fonctionnalité paramétrique, si ce n'est la possibilité de programmer des scripts, pour les utilisateurs les plus avancés.

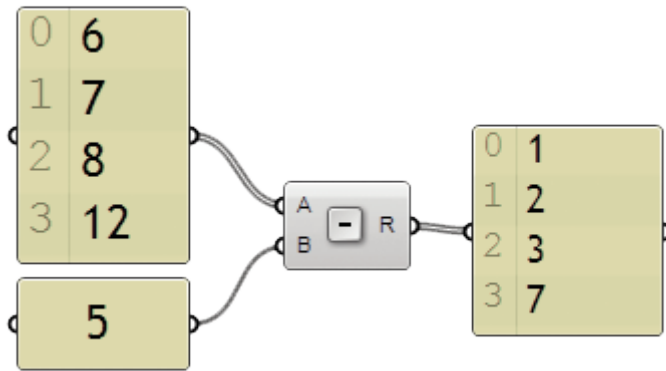
Grasshopper 3D propose en réponse un langage de programmation visuel facile à prendre en main, même pour un utilisateur ne possédant aucune connaissance en programmation. Les modélisations sont faites en glissant des composants sur un canevas. Ces composants possèdent tous un ou plusieurs inputs et outputs qui, une fois connectés entre eux d'un composant à l'autre, créent une chaîne d'actions formant ainsi un algorithme.

Les composants de Grasshopper regroupent tous les éléments de base de Rhinoceros (points, lignes, polylignes, surfaces, etc.) ainsi que toutes les opérations que l'on peut effectuer sur ceux-ci (transformations, déplacements, intersections, etc.).

Cette extension est utilisée principalement pour la recherche formelle ou la création de formes paramétriques complexes qui demanderaient trop de temps pour être modélisées de manière directe et n'offriraient pas les mêmes possibilités de variation.

L'un des grands avantages de Grasshopper réside dans sa capacité à gérer efficacement de grandes quantités de données qui passent au travers de l'algorithme sous forme de listes ou d'arbres de données. La maîtrise des listes et des arbres est essentielle pour s'assurer la maîtrise du modèle et du résultat.

Grasshopper implique cependant des limites qu'il ne faut pas



Une simple opération de soustraction effectuée avec Grasshopper 3D

négliger. Comme l'explique Daniel Davis dans sa thèse parue en 2013²⁵, un des aspects souvent éludés de la modélisation paramétrique est sa relative fragilité. L'algorithme peut en effet rapidement devenir très complexe et difficile à maîtriser. La moindre modification de fond peut ainsi devenir difficile, voire même impossible à réaliser et nécessiter la refonte complète du modèle.

Il convient donc, en gardant cela à l'esprit, de concevoir un modèle clair et hiérarchisé qui permettra des modifications aisées de toutes ses parties.

²⁵ Davis, Daniel. 2013. "Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture." PhD dissertation, RMIT University.

Galapagos

Grasshopper 3D possède également des extensions qui permettent d'enrichir ses capacités au-delà de celles de Rhino 3D. L'une d'elle, nativement intégrée depuis quelques années, nous intéresse particulièrement : Galapagos.

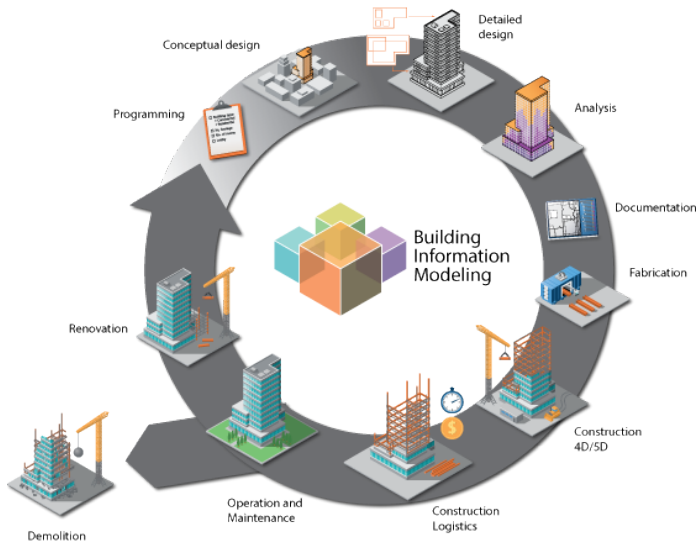
Galapagos est un outil d'optimisation utilisant le principe de l'algorithmique génétique. Ce procédé, inspiré des théories de l'évolution, consiste à varier les paramètres d'une population de solutions, à les croiser et à les faire muter, à la recherche d'une solution optimale au problème donné. Le but est fixé par une fitness function qui décrit mathématiquement le modèle et fournit un unique résultat numérique.

L'optimisation automatique d'une volumétrie modulaire pourrait être explorée dans ce travail grâce à Galapagos. Il s'agirait alors, par exemple, de minimiser la surface d'enveloppe et la surface des circulations ou d'optimiser l'ensoleillement du préau tout en restant dans les gabarits imposés.

BIM

Le Building Information Modeling, ou BIM, est une représentation numérique tridimensionnelle du projet qui regroupe les informations de chaque corps de métier. Ce modèle peut encapsuler un grand nombre de données sur le bâtiment comme la position géographique, des analyses de lumière, de structure ou des informations sur les fournisseurs des différents composants.

Un modèle BIM peut même posséder plus de trois dimensions si les dimensions temps et coûts lui sont ajoutées. Le BIM couvre alors tout le cycle de vie du bâtiment, de la conception à la démolition.



Gestion du cycle de vie complet d'un bâtiment grâce au BIM

Il permet d'optimiser toutes les étapes de la vie d'un bâtiment afin de garantir la qualité et le respect des coûts et des délais, mais surtout, favorise la collaboration entre les corps de métiers qui travaillent sur un unique modèle centralisé.

Dans cette optique, l'organisation internationale BuildingSMART, qui développe et promeut différentes solutions pour le BIM, a mis au point un format de fichier standardisé destiné à améliorer l'interopérabilité et à faciliter les échanges de fichiers.

Ce format, déjà largement utilisé dans certains pays, ne fait pas l'unanimité auprès des professionnels. En effet, l'IFC n'étant pas un format propriétaire, il nécessite deux opérations d'import-export pour être utilisé. Ces deux conversions provoquent en général une perte de données qui n'est pas réversible. L'initiative de rationalisation et d'optimisation des formats

de fichier est cependant indispensable et permettra, au fur et à mesure des améliorations du standard, de faciliter la collaboration.

L'intégration du BIM dans ce projet permettra d'optimiser tout le processus et de réaliser facilement des visualisations ou des impressions 3D.

Le passage entre logiciels sera un point clé du travail. Il s'agit en effet de conserver un maximum d'informations et d'automatiser un maximum de tâches afin de gagner du temps.

Introduction au projet

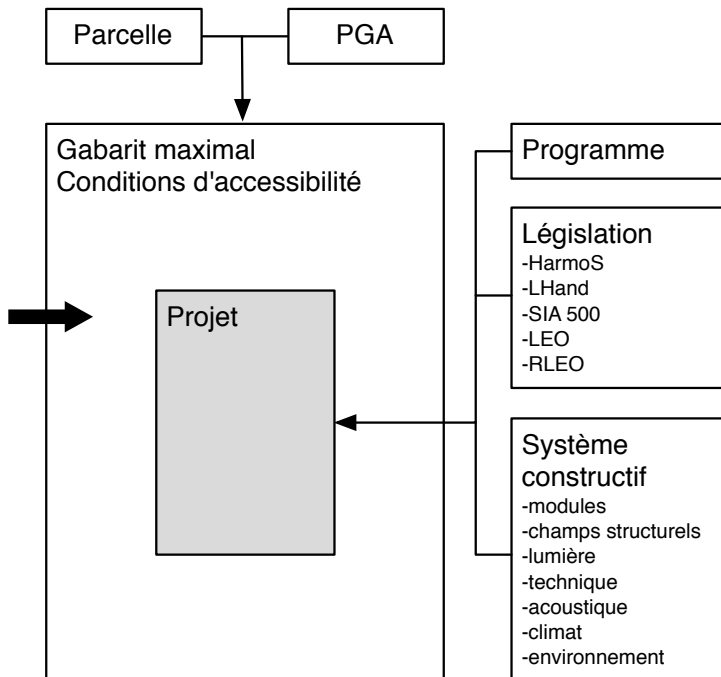
Après avoir parcouru les éléments historiques et techniques qui façonneront le projet à venir, il semble approprié d'en faire la synthèse et d'ouvrir plus concrètement des pistes de travail.

Le schéma ci-après résume les différentes interactions entre site, législation et système constructif sans toutefois entrer dans l'architecture. Le PGA de la ville de Lausanne, couplé à une parcelle définie, fournira un gabarit maximal constructible ainsi que des règles relatives aux accès ou à l'ordre des constructions. A l'intérieur de ce gabarit, le ou les bâtiments projetés seront conçus selon un programme, un système constructif modulaire – sujet central de ce travail – et la législation en vigueur.

SYSTÈME CONSTRUCTIF

Tout comme le CROCS se base sur une trame structurelle bien définie, le projet devra commencer par déterminer cet aspect du système. Les innovations constantes dans les domaines des matériaux, de la statique et de la durabilité ouvrent alors de vastes possibilités.

Le bois, par exemple, est devenu un matériau de prédilection pour la construction. Le gymnase de Wil, construit en 2004, est presque entièrement construit en bois, de sa structure à sa façade. Les diverses possibilités de mise en oeuvre qu'il offre permettent de franchir des portées allant de la largeur d'une salle de classe à celle d'une salle de sport. Une partie du bâtiment est cependant toujours construite en béton armé, pour des raisons de sécurité incendie et de résistance sismique.



Le bois peut cependant être combiné à d'autres matériaux, comme l'acier. Une structure en acier possède des capacités structurelles bien supérieures au bois et sa facilité de transport et de montage-démontage en font un matériau de choix pour la structure. Le bois, en complément, sait se faire apprécier pour les éléments de paroi et de plancher, fournissant une finition chaleureuse et des propriétés acoustique et hygrométrique très intéressantes.

En outre, grâce aux technologies modernes d'usinage à commande numérique – déjà très couramment utilisées dans la menuiserie – il est possible de produire localement des pièces en bois personnalisées de manière précise et en un temps record. Cette technologie se révèle très intéressante pour un système modulaire qui pourrait ainsi se libérer partiellement des éléments de série identiques. Cela concernerait par exemple l'usinage de panneaux acoustiques en bois à l'esthétique personnalisée ou des éléments de façade ou de mobilier intégrés originaux. Il faudra cependant rester parcimonieux avec leurs usages pour rester cohérent vis-à-vis de l'idée d'économie qui sous-tend le système modulaire.

Conclusion

Cet énoncé théorique représente un premier pas dans la conception d'un système modulaire et paramétrique destiné à la construction d'écoles. Bien qu'aucun élément de projet ne soit concrètement défini, il permet de poser les bases théoriques et pratiques importantes essentielles au projet.

Le système devra être facile et rapide à mettre en oeuvre, économique, offrir une architecture de qualité et permettre une grande flexibilité pour l'extension, la modification ou même le démontage de l'édifice. Son caractère paramétrique devra offrir une grande aisance quant à la modification du projet et la répercussion des changements à travers tout le modèle.

Le système CROCS, exceptionnellement bien conçu jusque dans ses moindres détails, sera un excellent modèle, tant au niveau de la méthodologie de conception que du contenu. Il servira donc de référence principale et, pourquoi pas, de base à un projet de rénovation et de surélévation d'un édifice lausannois existant.

Remerciements :

Un grand merci à Macha pour ses relectures, ses conseils avisés et sa patience. Merci également à ma famille pour son soutien moral et logistique jusqu'à dans les derniers moments.

Bibliographie

SOURCES

Corpus

- Centre de rationalisation et d'organisation des constructions scolaires (CROCS), *Cahier noir: Directives fonctionnelles applicables à la programmation et à l'avant-projet des constructions scolaires: scolarité obligatoire*, Lausanne, Commune de Lausanne, 1968.
- Centre de rationalisation et d'organisation des constructions scolaires (CROCS), *Cahier rouge: Directives de projet applicables à l'étude et à la mise au point des constructions scolaires réalisées à l'aide du système CROCS*, Lausanne, Commune de Lausanne, 1969.

Législation, normes et autres

- Constitution fédérale de la Confédération suisse du 12 septembre 1848, [en ligne], url : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19995395/index.html>, consulté le 29 octobre 2015.
- Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999 (Etat le 14 juin 2015), [en ligne], url : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19995395/index.html>, consulté le 29 octobre 2015.
- Loi fédérale sur l'élimination des inégalités frappant les personnes handicapées du 13 décembre 2002 (Etat le 1er juillet 2013), [en ligne], url : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20002658/index.html>, consulté le 29 octobre 2015.
- Accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarité obligatoire (concordat HarmoS) du 14 juin 2007, [en ligne], url : http://edudoc.ch/record/24710/files/HarmoS_f.pdf, consulté le 29 octobre 2015.
- Loi sur l'instruction publique, 28 mai 1806, [en ligne], url : http://www2.unil.ch/saul/archivore/opac/doc_num.php?explnum_id=10665, consulté le 29 octobre 2015.
- Loi du 24 janvier 1834 sur les écoles publiques primaires, [en ligne], url : <https://books.google.AAcAAJ&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false>, consulté le 29 octobre 2015.
- Règlement du 6 juillet 1994 concernant les prescriptions sur la prévention des incendies, [en ligne], url : <http://www.vd.ch/themes/formation/scolarite-obligatoire/informations-aux-communes/constructions-scolaires/directives->

et-reglements/, consulté le 29 octobre 2015.

- Règlement du 14 août 2000 sur les constructions scolaires primaires et secondaires, [en ligne], url : http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dfj/dgeo/fichiers_pdf/reglement-020814.pdf, consulté le 29 octobre 2015.
- Directives et recommandations concernant les constructions scolaire, juillet 2002, [en ligne], url : <http://www.vd.ch/themes/formation/scolarite-obligatoire/informations-aux-communes/constructions-scolaires/directives-et-reglements/>, consulté le 29 octobre 2015.
- Loi sur l'enseignement obligatoire (LEO) du 7 juin 2011, [en ligne], url : http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dfj/dgeo/fichiers_pdf/LEO_Version_adoptee_GC.pdf, consulté le 29 octobre 2015.
- Règlement d'application de la loi du 7 juin 2011 sur l'enseignement obligatoire du 2 juillet 2012, [en ligne], url : http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dfj/dgeo/fichiers_pdf/RLEO_Version_adoptee_CE.pdf, consulté le 29 octobre 2015.
- Norme SIA 500, Constructions sans obstacles, valable dès le 1er janvier 2009.
- Norme de protection incendie, 1er janvier 2015, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie.
- Directives de protection incendie, Voies d'évacuation et de sauvetage, 1er novembre 2015, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie.
- Aide de travail de protection incendie, Bâtiments scolaires, 1er janvier 2015, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie.
- Plan d'affectation général, règlement du 26 juin 2006, commune de Lausanne.
- Projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM). Pour un développement équilibré à l'horizon 2020, Résumé du rapport final, février 2007.

LITTÉRATURE SECONDAIRE

- DAVIS Daniel, *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*, PhD Thesis, RMIT University, 2013.
- DUDEK Mark, *Schools and Kindergartens : a Design Manual*, Bâle, Birkhäuser, 2007.
- HARDING John, *Meta-Parametric Design : Developing a Computational Approach for Early Stage Collaborative Practice*, PhD Thesis, University of Bath, 2014.
- LEGGETT Stanton F., *Planning Flexible Learning Places*, New-York, McGraw-

Hill, 1977.

- LÜTHI Dave [dir.], *Lausanne - Les écoles*, Berne, Société d'histoire de l'art en Suisse, 2012.
- RIFKIN Jeremy, *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*, New-York, Palgrave Macmillan, 2011.
- WOODBURY Robert, *Elements of Parametric Design*, Londres, Routledge, 2010.

ARTICLES

- BENET James [et al.], « SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories », New-York, Educational Facilities Laboratories, 1967.
- DE LANDA Manuel, « Deleuze and the use of the genetic algorithm in architecture », in *Designing for a Digital World*, Chichester, Wiley-Academy, 2002, pp.117-119.
- FORSTER Simone, « Architecture scolaire : regard historique tourné vers l'avenir », *Bulletin CIIP*, n°15, décembre 2004, pp.3-9.
- FORSTER Simone, « La Suisse, le pays des multiples systèmes de formation », Brèche : le système éducatif suisse, IRDP, 2007.
- HENCHOZ Louis, « Hygiène scolaire : les écoles de plein air et les colonies scolaires », *Annuaire de l'instruction publique en Suisse*, Vol. 23, 1932, pp.167-183.
- MARKS Judy, « The Educational Facilities Laboratories (EFL): A History », Washington, DC., National Clearinghouse for Educational Facilities, 2009.
- OBERHÄNSLI This, « L'architecture scolaire pavillonnaire en Suisse alémanique, dans les années 1950 », *Histoire de l'éducation*, 2004 , pp.225-245, [en ligne], url : <http://histoire-education.revues.org/717>.
- OGATA Amy F., « Building for Learning in Postwar American Elementary Schools », *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 67, No. 4 (December 2008), pp.562-591.
- Auteur inconnu, « Le Canton impose des écoles trop chères aux Communes », 24Heures, 3 décembre 2014, [en ligne], url : <http://www.24heures.ch/vaud-regions/Petites-communes-vaudoises-demunies-face-aux-exigences-scolaires/story/24378491>, consulté le 25 novembre 2015.