



Référence bibliographique :

Yvette Pelsser, Brigitte De Groof, François Nizet, Jean-François Rondeaux,
"Approche de la matérialité par l'analyse d'exemples", *lieuxdits#13*, janvier 2018,
pp. 12-19.

La revue **lieuxdits**
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI)
Université catholique de Louvain (UCL).

Éditeur responsable : Le comité de rédaction, place des Sciences, 1 - 1348 Louvain-la-Neuve
Comité de rédaction : Damien Claeys, Gauthier Coton, Jean-Philippe De Visscher,
Nicolas Lorent, Guillaume Vanneste
Conception graphique : Nicolas Lorent
Impression : école d'imprimerie Saint-Luc Tournai



ISSN 2294-9046
e-ISSN 2565-6996

<https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:196307>

UCL
Université
catholique
de Louvain

LOCI
Bruxelles
Louvain-la-Neuve
Tournai
Faculté d'architecture
d'ingénierie architecturale
d'urbanisme

www.uclouvain.be/loci.html

Approche de la matérialité par l'analyse d'exemples

Partage d'une expérience pédagogique

Yvette Pelsser, Brigitte De Groof, François Nizet,
Jean-François Rondeaux

En concertation avec le cours de projet d'architecture du second bloc annuel du bachelier en architecture organisé sur le site de Bruxelles de notre faculté, la seconde unité d'enseignement relative aux structures —LBARC1261 Analyse des structures 2— propose un environnement qui guide l'apprenant dans un travail d'analyse d'un édifice construit.

Approche de la matérialité par l'analyse d'exemples est l'intitulé précis de ce travail.

Dans l'enseignement universitaire, qui développe une attitude scientifique s'appuyant essentiellement sur des bases théoriques, sont exposés des systèmes de pensée et de modélisation de notre environnement qui permettent de le comprendre et d'y agir en conscience. La pleine pertinence de ces systèmes se révèle dans leur capacité à s'articuler aux réalités du monde tel qu'il est.

Les artefacts architecturaux en sont une occurrence. Ils peuvent donc être des objets d'analyse à partir d'hypothèses et de propositions à critiquer, et contribuer notamment à l'apprentissage des fondements de la mécanique des structures par la compréhension rationnelle de la manière dont ces fondements éclairent leur matérialisation. Le développement d'une capacité à comprendre la logique structurale qui sous-tend la conception et la construction d'un édifice est l'un des objectifs de la formation en architecture : l'assimilation par l'apprenant du fonctionnement d'une multiplicité de systèmes porteurs lui permet d'enrichir sa pratique de la composition architecturale.

Telles sont les justifications de notre expérience pédagogique, dont le partage motive la publication de cet article dans notre revue facultaire. Nous y exposons successivement les objectifs visés, les leviers mis en œuvre dans l'analyse, les modalités pratiques de cette activité d'apprentissage, et ses résultats.

Objectifs

"Il faut un obstacle nouveau pour un savoir nouveau."¹

"Cet obstacle, c'est l'énoncé de l'exercice [...]. Cet énoncé est un système de règles précises ouvert au travail de chacun. La réponse est possible pour tous, car ici, ce n'est pas tant le résultat qui importe que la disponibilité et le risque de la recherche. [...]"²

L'exercice d'analyse proposé aux étudiants du cours d'Analyse des structures 2 sur le site bruxellois de la faculté s'inscrit dans cette conviction partagée par ses enseignants : la confrontation de l'apprenant à une problématique complexe lui permet de développer ses ressources intellectuelles et d'acquérir des compétences et savoirs nouveaux. Ce travail relève ainsi de l'enseignement contextualisé authentique³, dont les méthodes sont propices à la construction de connaissances à partir d'apprentissages en profondeur.

Il s'agit de situations contextualisées, dans lesquelles les données à traiter sont complexes et variées et pour lesquelles un tiers (enseignant ou pair) joue un rôle de médiateur permettant ainsi à l'apprenant de construire des connaissances dont il connaît les fonctions et les conditions d'applicabilité⁴.

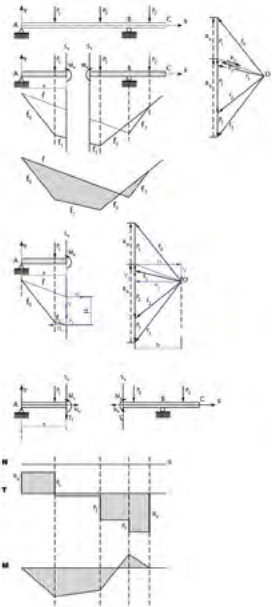
Ainsi, les principes de :

- pertinence de la situation présentée à l'apprenant et de contextualisation de l'apprentissage ;
- complexité et variété des situations auxquelles l'étudiant est confronté ;
- présence d'un tiers comme système de support à l'acquisition des connaissances ;
- explicitation des fonctions et conditions d'applicabilité des connaissances ;

font-ils l'objet d'un soin particulier dans l'application qu'on peut leur trouver, tant dans les exposés théoriques que dans les exercices et travaux proposés aux étudiants. "Le rôle de l'enseignant n'est alors plus seulement de transmettre des connaissances mais de mettre en place un environnement d'apprentissage optimal"⁵, dans lequel l'étudiant construit activement son savoir.

C'est dans ce contexte pédagogique que le travail d'analyse d'un édifice que nous proposons développe les objectifs :

- identifier, décrire, classer et représenter les dispositifs matériels qui assurent la stabilité de l'édifice, et



1

1 - Détermination graphique des réactions aux appuis et des diagrammes des efforts internes d'une poutre simple par tracé du polygone funiculaire.

1 - H. MICHAUX, 1981. Poteaux d'angle. Editions Gallimard, 1981

2 - J.-F. PIRSON, 1995. La structure et l'objet : Essais, expériences et rapprochements. Editions Mardaga

3 - D. VANPEE, V. GODIN, M. LEBRUN, 2008. "Améliorer l'enseignement en grands groupes à la lumière de quelques principes de pédagogie active". Pédagogie médicale, 2008 : 9 (32-41)

4 - M. FRENAY, B. NOËL, P. PARMENTIER, M. ROMAINVILLE, 1998. L'étudiant-apprenant (grille de lecture pour l'enseignant universitaire. Bruxelles : De Bock Université.

5 - D. VANPEE, V. GODIN, M. LEBRUN, op. cit.

les rapports qu'ils entretiennent avec d'autres systèmes qui le composent : modes d'ancrage de la structure dans le site et le sol, sols artificiels dont le traitement parle de leurs situations et de leurs supports, structures dont le nombre, la géométrie et la position guident la transmission et la répartition des charges ;

- modéliser ces dispositifs et leurs relations dans un tout hiérarchisé et cohérent ;
- présenter les résultats de l'analyse en vue de leur transmission.

Leviers

Afin d'atteindre ces objectifs, différents leviers doivent être activés. Les premiers sont des acquis nécessaires préalables à l'unité d'enseignement Analyse des structures 2, au cours de laquelle deux autres leviers sont progressivement construits : la conceptualisation des notions fondamentales de la discipline, et enfin la confrontation des concepts et des réalités.

Acquis préalables de l'étudiant

La première série de leviers se fonde sur trois axes principaux :

- la maîtrise des principes fondamentaux de la mécanique des structures et de la résistance des matériaux, ainsi que des méthodes de résolution graphiques et analytiques qui en découlent. L'acquisition des concepts théoriques – résultant d'un travail patient de clarification systématique des définitions, des représentations et des réalités structurelles – se fait par l'intermédiaire d'exposés dans le cours d'Analyse des structures 1 ; leur application à la résolution de problèmes lors de séances d'exercices ciblés et progressifs.
- la maîtrise d'outils de représentation, tant manuels qu'informatisés, tant en deux dimensions qu'en trois dimensions, ainsi que des codes et bonnes pratiques associés, assurant la dextérité nécessaire à la production de documents intelligibles. Ainsi sont mis à contribution les acquis d'autres unités d'enseignement : Moyens d'expression et représentation, Géométrie spatiale, Projet d'architecture.
- la maîtrise de la langue française comme vecteur de communication écrite, permettant de décrire précisément le réel et d'exprimer sans équivoque les concepts abstraits relatifs à la modélisation structurale.

Ces premiers acquis sont indispensables à l'acquisition des compétences propres au cours d'Analyse des structures 2. La maîtrise réelle des prérequis – ensemble des outils propres à ou à disposition de l'architecte – s'avère bien souvent un facteur de réussite non négligé

geable à l'acquisition de compétences d'un niveau de complexité nécessairement supérieur.

Tel qu'explicitement prévu aux cahiers des charges des unités d'enseignement LBARC1160 et LBARC1261, "le processus continu de l'étude des principales structures architecturales et de leur comportement", permet à l'apprenant d'améliorer sa maîtrise des outils par leur confrontation à des problématiques nouvelles ; l'assise construite en première instance s'en voit alors renforcée.

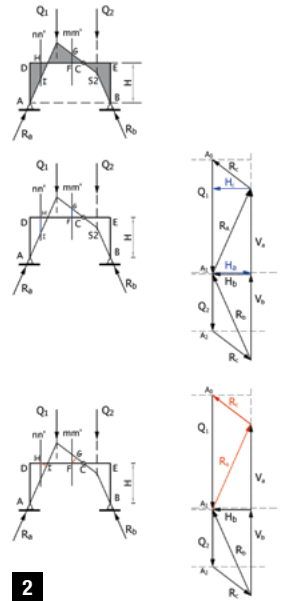
Conceptualisation des notions fondamentales de la discipline

Le second niveau d'apprentissage, développé cette fois spécifiquement dans l'unité d'enseignement Analyse des structures 2, consiste en l'acquisition d'un degré d'abstraction suffisant à l'étude conceptuelle de types de structures.

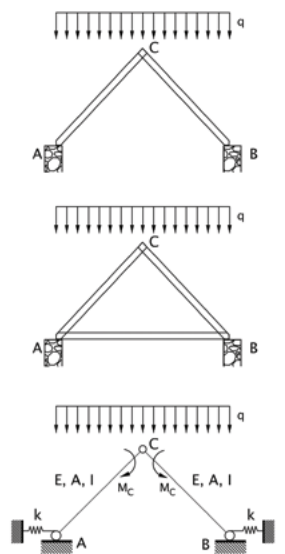
Les structures bidimensionnelles dont le plan moyen est généralement vertical regroupent les systèmes funiculaires (câbles et arcs funiculaires), les structures en barres et poutres (treillis articulés plans, poutres cantilever, poutres continues et portiques). Leur étude détaillée et comparative permet l'étude circonscrite de cas précisément choisis.

La modélisation est une étape déterminante pour l'analyse ou la conception d'une structure. Le modèle d'une structure est une simplification idéalisée d'une réalité à projeter – instrument de production – ou construite – instrument d'exposition des connaissances – permettant la conception ou l'analyse de cette dernière par les théories et concepts de la mécanique des structures. Il s'énonce à l'aide de conventions et symboles définis. Ses fonctions sont essentiellement :

- de représentation. Un modèle représente une situation réelle ou fictive ; il vise la présentation, la description, l'explication ou l'étude d'une situation ;
- de réduction. Un modèle ne représente pas toutes les caractéristiques d'une situation, mais uniquement celles qui sont pertinentes du point de vue de l'analyse structurelle, en fonction d'un objectif ou d'un usage visé. Un modèle est donc une représentation simplifiée et incomplète d'une réalité qu'il vise à représenter et expliquer ;
- d'objectivation. Un modèle est le résultat d'une construction graphique synthétique la plus objective et rationnelle possible. Ce qui suppose que l'élaboration d'un modèle – appelée plus communément la modélisation – est soutenue par un raisonnement structuré suivant des règles logiques. Atteindre cette dernière fonction nécessite, pour l'apprenant, d'être



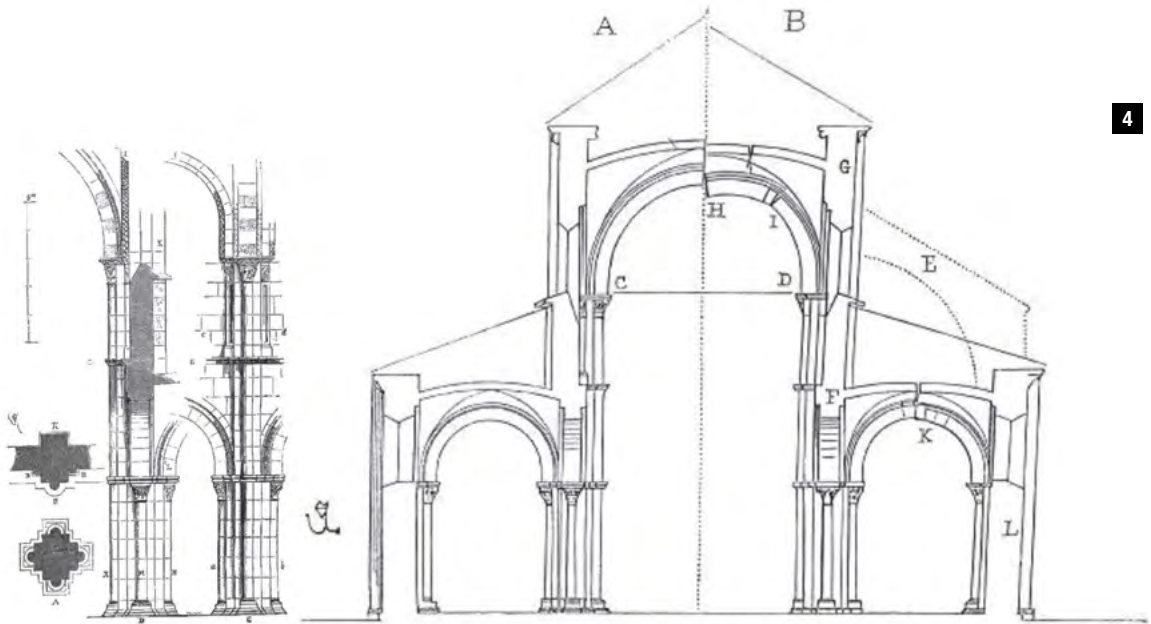
2



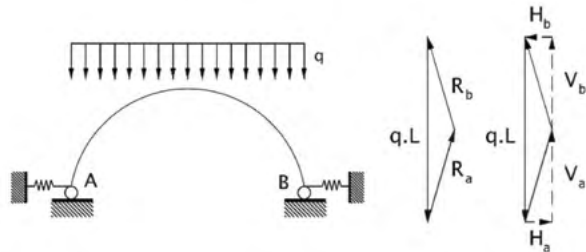
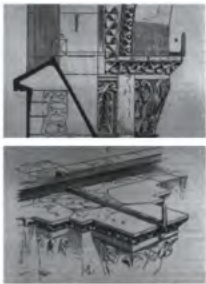
3

2 Détermination graphique des réactions aux appuis et de la distribution des efforts internes de flexion d'un arc plan à trois articulations par tracé du polygone funiculaire.

3 Représentation et modélisation mécanique généralisée d'une toiture à deux versants sans ou avec entrant.



4



4 Analyse de la problématique de l'instabilité des arcs clavés de l'abbatiale Sainte Marie-Madeleine de Vézelay : détails constructifs ; coupe transversale avant et après déformations ; modélisation mécanique.

5 Analyse d'une maison d'été à Vejby, Danemark (arch. Henning Larsen) par Vanhoucke A., Tsilogiannis T. et Frey C. - (a) structure portante ; (b) surfaces extérieures ; (c) coupe-maquette du détail de la hiérarchie constructive de la paroi extérieure.

6 Mise en évidence du comportement structural (portance et contreventement) de la caserne de pompiers et ateliers à Frutiggen (arch. Muller & Truniger) par manipulation de la maquette matérielle, par Chavée M., Hogoshti A., Kedzior M., Knauf C., Le Maire L. et Weydert M.



5

capable d'abstraire, de déduire et d'évaluer les aspects les plus importants du réel à concevoir ou à étudier.

On exige d'une modélisation qu'elle soit précise, univoque, pertinente et simple à manipuler. Il est donc essentiel de saisir les principales caractéristiques d'une situation existante ou de mesurer les principales limites d'une situation à projeter. Les concepts relatifs à l'étude de types de structures sont présentés lors d'exposés théoriques et éprouvés lors de séances d'exercices dont l'objectif est d'approfondir leur compréhension. Ces deux temps sont indispensables à la maîtrise des concepts nécessaires à l'analyse d'édifices construits. En effet, si la définition est le premier élément fondamental d'une théorie, le second en est l'explication, à savoir la réponse à la question "Pourquoi ?". Cette réponse doit identifier, d'une part les constantes d'un système structural, d'autre part les paramètres qui influencent nécessairement ou probablement ce système ou encore qui seraient à l'origine de phénomènes non attendus comme celui de son instabilité locale ou globale. De plus, la formulation rigoureuse d'hypothèses, habituellement fondée sur l'intuition — encore peu aiguisée chez l'apprenant



6

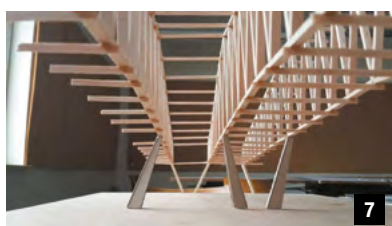
débutant —, gagne à prendre appui préférentiellement sur l'expérience des enseignants ou sur des recherches et des théories antérieures. Une telle formulation rend une hypothèse vérifiable et discutable.

Confrontation entre connaissances et réalités construites

Enfin, un troisième niveau d'apprentissage est celui de la confrontation entre les connaissances conceptuelles acquises et la réalité d'édifices construits. Ces cas sont les outils ou ressources pédagogiques soumis à l'étude. Dès lors que l'étude de cas est utilisée pendant un certain temps et régulièrement, elle peut être considérée comme une méthode pédagogique — méthode des cas — permettant d'entraîner les apprenants à aborder des situations concrètes.

Chaque cas peut être soumis à l'analyse : l'édifice construit est alors critiqué en tant que système structurel. Il peut également être soumis au jugement : la structure de l'édifice est alors appréciée sur base d'hypothèses en spéculant sur le processus qui peut avoir contribué à la produire, en ce compris dans sa forme, détails et liaisons.

À titre d'exemple, citons le cas de l'abbatiale Sainte Marie-Madeleine de Vézelay, dont la stabilisation des arcs doubleaux en plein cintre de sa longue nef romane à dix travées fait l'objet d'une présentation écrite et orale détaillée par l'enseignant. Ce cas est centré sur une problématique et une seule — l'instabilité des arcs clavés suite aux déplacements horizontaux aux appuis. Il est compréhensible et suffisamment documenté.



7

- 7 Maquettes matérielles – (a) caserne de pompiers et ateliers à Frutigen (arch. Muller & Truniger) ; (b) passerelle sur la Traversina (arch. Jürg Conzett) ; (c) toiture du hangar de l'office de gestion des déchets de Munich (arch. Peter Ackermann) ; (d) expérience constructive « Ghost 3 » (arch. Brian MacKay-Lyons) ; (e) dépôt de tramways à Berne (arch. Penzel Valier).

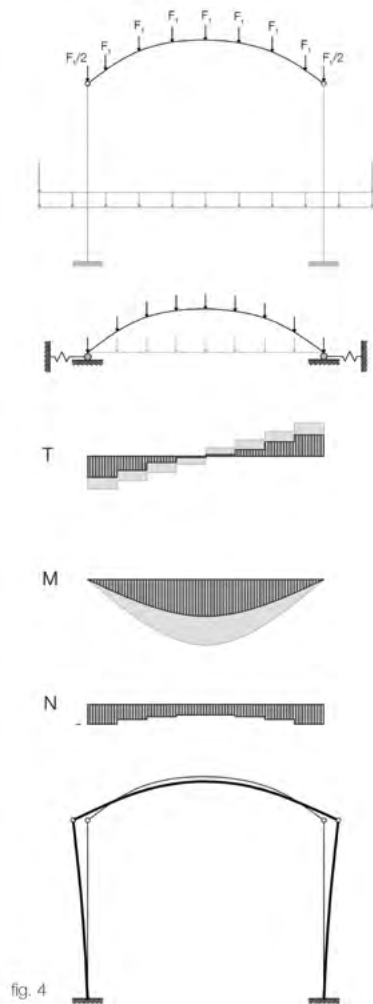


fig. 4

8

Approche de la matérialité par l'analyse d'exemples

Convaincus que "l'innocence ne fait pas le génie ; elle le rend aléatoire."⁶ et que "la connaissance et l'expérience offrent à l'architecte une compréhension plus profonde du monde dans lequel il agit et lui fournissent des moyens architecturaux dont il peut disposer"⁷, nous invitons les étudiants à analyser des édifices construits à l'aide des leviers précédemment cités. L'ensemble des cas étudiés peut être mis en relation avec les thèmes abordés dans l'unité d'enseignement du Projet d'architecture 2 : exploration. Dès lors que la responsabilité pédagogique est partagée entre les enseignants et les apprenants — groupes de six étudiants — et qu'il existe un rapport de dépendance des uns aux autres en ce qui concerne l'enseignement et l'apprentissage⁸, il est indispensable d'informer les étudiants par écrit des objectifs clairs,

des moyens utilisés, des ressources fournies et de leur degré de complétude, du calendrier, du mode d'évaluation et de ses critères.

Le document écrit explicite :

1. *le champ de questionnement ciblé* tel que décrit ci-après.

L'architecture est obtenue à partir d'éléments structurels hiérarchisés selon un ordre morphologique capable de s'élever en défiant les lois de la pesanteur. Plus spécifiquement, la structure constructive entretient des correspondances avec les lieux extérieurs, les éléments portés et le traitement d'une ou plusieurs surfaces au service de l'habiter :

- selon quelles modalités ce propos s'applique-t-il à l'ouvrage construit faisant l'objet de votre recherche ?
- développez votre propos pour un ou plusieurs questionnements spécifiques à la structure étudiée ;
- étayez la réflexion qui sous-tend votre propos par le recours à l'un ou l'autre ouvrage de référence.

2. *la conduite de la recherche structurale* à l'aide de modèles cognitifs de deux types, distincts et complémentaires : la maquette matérielle et la coupe structurale.

La maquette matérielle est construite essentiellement à partir d'informations issues de représentations en deux dimensions. Elle est une construction intellectuelle, s'écartant très nettement d'un travail de modélisme, visant à identifier, analyser et représenter la structure d'un édifice dans son ensemble. Elle permet, par une manipulation appropriée, de percevoir le comportement structural de l'ensemble de l'édifice.

La coupe structurale est quant à elle entendue comme représentation graphique réduite à l'essentiel d'une réalité construite, visant à identifier, modéliser et exprimer précisément le système structural de l'édifice selon un ou plusieurs plans verticaux bien choisis. Ce support à l'abstraction, la déduction et l'évaluation, élaboré par l'étudiant, est un outil essentiel à la modélisation mécanique et à l'expression de la structure en tant que système de forces géométrisé.

3. *les attentes quant au document de synthèse.*

La synthèse des investigations, travail collectif par petits groupes d'étudiants, prend la forme d'un double feuillet DIN A3. Elle présente, entre autres, une ou plusieurs coupes mettant en évidence le système constructif, en ce compris les dispositifs de contreventement, et un schéma du corps isolé, traduction mécanique des hypothèses émises pour les dispositifs d'appuis et de liaison et la nature des charges prises en compte.

8 - P. VON MEISS. 1993. Modélisation et analyse du comportement structural de la maison Ball-Eastaway (arch. Glenn Murcutt) par Belcourt L., Degryse V., Fassotte R., Gommier M., Housiau et E., Verhasselt V.

6 - P. VON MEISS. 1993. De la forme au lieu : une introduction à l'étude de l'architecture. Lausanne : PPUR.

7 - P. VON MEISS. *op. cit.*

8 - W. ELLET. 2007. The case study handbook : How to Read, Discuss, and Write Persuasively About Cases. Boston : Harvard Business School Press.



9

concepts théoriques et des explications ou exemples, schémas, modélisations recevables scientifiquement et qui apportent des précisions utiles à l'argumentaire).

Enfin, une attention particulière est accordée à l'interaction entre le contenu du cas, les enseignants et les apprenants. Dès lors qu'il s'agit de mobiliser à bon escient et dans un temps imparti des connaissances, il est indispensable de structurer l'activité d'auto-formation et d'auto-évaluation des apprenants avec comme objectif le développement de l'autonomie de chaque apprenant.

Selon un calendrier et des consignes précis, les étudiants préparent les entrevues avec les enseignants. De cette préparation dépend l'intérêt — pertinence et précision — des rencontres, l'efficacité de l'apprentissage et, plus généralement, le succès de l'étude du cas. Les discussions portent soit sur un document écrit remis préalablement et faisant l'objet d'un retour commenté, soit sur un état de questionnement supporté par l'un des deux modèles cognitifs (maquette matérielle et coupe structurale). Les apprenants découvrent alors en quoi et pourquoi leurs performances répondent ou non aux exigences et objectifs intermédiaires d'apprentissage. L'autorégulation, l'auto-évaluation et l'autonomie de l'étudiant nécessitent encore que soient franchies les étapes suivantes : le passage du groupe à l'individu et le développement de stratégies personnelles d'évaluation. Enfin, les étudiants ont à déduire des discussions les principes opérationnels, les stratégies à adopter pour réorienter leurs recherches et productions.

4. les modalités d'évaluation des apprentissages.

L'ensemble de ces travaux sert de support à une évaluation orale individuelle en session d'examens permettant de vérifier la capacité de l'étudiant :

- à comprendre et développer le(s) système(s) constructifs ;
- à justifier le(s) modèle(s) utilisé(s) en en précisant les hypothèses ;
- à présenter et débattre d'un élément structurel (fonction structurale, conditions d'appui et de liaison, matériau, encombrement, dimensionnement...);
- à discuter la pertinence des choix structuraux adoptés ainsi que de possibles variantes.

Pour l'évaluation, il est tenu compte du niveau de maîtrise des notions développées. Celles-ci doivent être ciblées (essentielle au sujet), précises (rigoureusement formulées), développées (composées avec ordre de causes, de conséquences et d'oppositions) et argumentées (appuyées par des preuves ou

9 Vues du dépôt de tramways à Berne (arch. Penzel Valier) – photographies de Brigitte De Groof.

Dépôt de tramway, Berne, 2012. Architecte Penzel Valier.



Pour répondre à l'extension planifiée du réseau de tramway de la ville de Berne, l'entreprise Bernmobil a confié la réalisation d'un nouveau dépôt de tramway au bureau d'architectes Penzel Valier AG. L'édifice est un hangar de forme rectangulaire de 200 m de long, de 13000 m² et de 130000 m³. Sa structure est composée d'une succession de 26 portiques en acier soutenant la toiture. Chaque portique est constitué d'un treillis de type Warren soutenu par deux montants latéraux et un montant intermédiaire. La toiture s'élève entre les portiques, alternativement à hauteur de la membrure inférieure des treillis et de leur membrure supérieure. Les modules se répétant, le bâtiment présente une grande homogénéité.



La structure de ce bâtiment présente de nombreuses variations dans les lignes de forces des éléments qui la composent, notamment dû à l'obliquité des colonnes, à l'asymétrie et l'originalité de la géométrie des treillis, et à l'alternance des toitures hautes et basses. La compréhension structurelle du bâtiment impose une compréhension préalable de chacun de ses composants et des liens qui les unissent. Il s'en dégage une forte unité puisque tous les éléments ont des rôles interdépendants qui assurent l'efficacité de la structure.

L'asymétrie actuelle des treillis s'explique par leur future extension, prévue dès le départ du projet, après laquelle la hauteur des treillis en tête des colonnes gauche et droite sera la même.



Le rôle et le fonctionnement de chaque élément de la structure peuvent quasiment se lire matériellement : dans l'élargissement des têtes des colonnes latérales et des pieds des colonnes intermédiaires, traduisant une tentative d'encastrement ; dans l'obliquité et les sections des colonnes permettant la reprise de charges verticales et horizontales ; ou encore dans le dessin des treillis répondant à la variation des sollicitations. L'utilisation de la matière se fait donc de la manière la plus adaptée selon la nature et l'importance des sollicitations. Toute l'ossature de l'entrepôt est visible et lisible, répondant à un principe structurel tectonique.

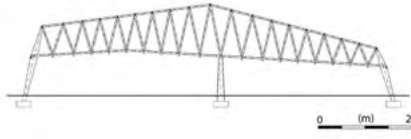
Malgré cette clarté dans les intentions structurelles des architectes, il n'en reste pas moins une évidente volonté de soumettre la structure aux besoins du programme et de ses usagers. Ainsi le système constructif a été conçu de manière à décaler de larges espaces au sol facilitant les usages des lieux. L'organisation des espaces se partage entre, à l'avant, l'accès et l'entretien des tramways, et à l'arrière, l'accueil de la centrale électrique et les espaces opérationnels et de rangement.

Les accès se font uniquement par ces façades avant et arrière. Les ouvertures sont adaptées à l'usage puisqu'elles offrent une large ouverture sur toute la façade quand l'usage est destiné aux tramways et de plus petites ouvertures lorsqu'il s'agit d'accueillir des usagers.

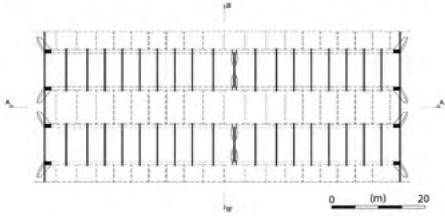


La toiture s'élève entre deux portiques alternativement à différentes hauteurs, soit au niveau de la membrure supérieure du treillis, soit au niveau de sa membrure inférieure ; ceci crée un rythme dans le bâtiment qui est repris dans le traitement des façades latérales : celles-ci sont alternativement translucides et opaques. Ce rythme résonne aussi dans le placement en quinconce des colonnes et des formes ainsi générées, tout autant que dans la dualité des parties opaques et translucides au niveau des toitures et des treillis.

C'est la cohérence et le dialogue entre éléments structurels, espaces, matières et lumière qui donne sa force et son homogénéité au bâtiment.

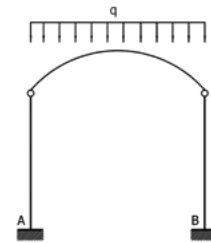


Coupe A.A.
1/500

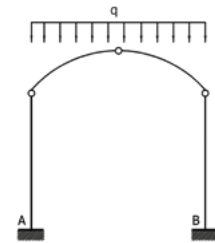


Portion de plan
1/500

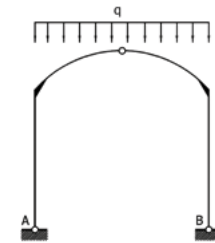
Analys Gouby, Justin Courtois, Anne-Sophie Dambremé, Romane Dutour, Dorothée Fontignie, Marie Lemaitre
LBARC 1261 Analyse des structures 2 : compléments UCL LoCl Bruxelles, 2015-2016



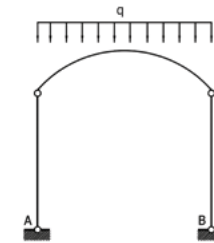
Configuration originale



Configuration modifiée A



Configuration modifiée B



Configuration modifiée C

Etude transversale



L'élargissement des têtes des montants extérieurs et des barres extrêmes du treillis indique un noeud rigide. On peut donc assimiler la structure à un portique dont la traverse est constituée d'un treillis. Les noeuds étant rigides en tête, des articulations suffisent en pied.

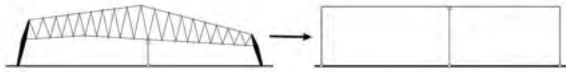
La colonne intermédiaire fonctionne comme une bielle articulée (appui simple). Son ajout augmente le degré d'hyperstaticité externe de la structure. Elle diminue à peu près de moitié la portée du treillis :

- réduction des efforts intérieurs
- meilleure distribution des efforts intérieurs
- réduction de la déformée

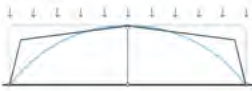
$$l_e = 5 - 3 = 2$$

$$l_i = 0$$

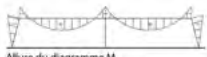
$$l_h = 2$$



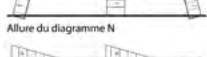
Le treillis supporte le poids de la toiture, réparti à chaque noeud en une force ponctuelle. Toutefois, étant donné le nombre de noeuds et leur proximité, on peut considérer les forces comme étant une charge répartie pour analyser le portique.



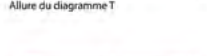
Portique-plan schématisé bi-articulé
Forme funiculaire idéale pour une charge répartie sur un portique-plan bi-articulé
Schéma du portique auquel on peut réduire la structure analysée. Bien que le portique ait trois appuis, on peut supposer que sa forme tend vers une forme funiculaire idéale. L'obliquité des montants contribue à la reprise des poussées horizontales.



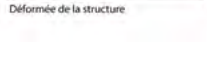
Allure du diagramme M



Allure du diagramme N

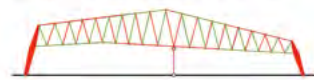


Allure du diagramme T



Déformée de la structure

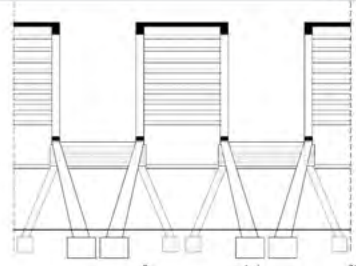
Treillis hyperstatique : répartition complexe des efforts internes



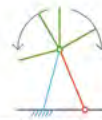
En compression En traction

La section des barres est la même dans tout le treillis : elle permet la reprise de plus grandes sollicitations dans les barres plus petites et permet de contrer le flambement des barres plus grandes et moins sollicitées.

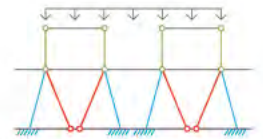
Etude longitudinale



Coupe B.B. 1/400



(1) Un module pris seul : mécanisme (le treillis peut basculer).



(2) Le module répété : grande stabilité de la partie inférieure, par la répétition du module et la présence des barres de toiture.

- instabilité de la partie supérieure (cadre quadri-articulé) : il s'agit d'un mécanisme. C'est probablement les plaques métalliques formant l'enveloppe du bâtiment qui assurent la rigidité de l'ensemble.



Allure du diagramme M



Allure du diagramme N



Allure du diagramme T

Système de contreventement : principe du trépidé.



Le moment est repris par :
- la disposition oblique des colonnes (tend vers la concurrence des lignes d'action des forces, schéma idéal de l'équilibre en rotation).
- l'encastrement en pied du montant intermédiaire.

Conclusion

L'étude de cas dont l'objet se limite à l'analyse de la structure d'édifices construits s'inscrit dans un processus continu d'apprentissage de la compréhension du comportement des principales structures architecturales.

Suivant une démarche permettant de limiter la difficulté de la recherche à son objet spécifique, les étudiants identifient les correspondances que la structure constructive entretient avec les lieux, les éléments portés et le traitement d'une ou plusieurs surfaces. Par la confection de maquettes matérielles et de coupes adaptées à l'expression de la structure, ils proposent une ou plusieurs modélisations structurales, lesquelles exigent abstraction, déduction, évaluation et connaissances approfondies des concepts y relatifs. L'enseignement des savoirs dispensés lors des cours théo-

riques et éprouvés en séances d'exercices est ainsi activé.

Résultat d'un travail collaboratif, les documents faisant état de la synthèse de ces investigations,

- assurent une communication intelligible en respectant les codes de représentation et les règles d'écriture et en visant les critères d'objectivité, de rationalité, d'exactitude, de simplicité ;
- servent in fine de support à l'évaluation individuelle des acquis d'apprentissage visés dans le cadre de cette unité d'enseignement.

Enfin, les étudiants exercent leur autonomie, tant à l'exercice strict et limité des compétences mises en situation, qu'à une finalité éducative nettement plus large où s'exercent indissociablement liberté et responsabilité des apprentissages.

10 Double feuillet A3 présentant l'analyse du dépôt de tramways à Berne (arch. Penzel Valier) par Dambremé A.-S., Dutour R., Fontignie D., Lemaitre M., Gouby A. et Courtois J. - (a) présentation du projet ; (b) étude de la coupe transversale ; (c) étude de la coupe longitudinale ; (d) synthèse

11 Variantes à la modélisation de la structure de couverture de maison Ball-Eastaway (arch. Glenn Murcutt) proposées lors de l'examen oral, dont la discussion permet l'évaluation de la compréhension du cours par l'étudiant.