Zeitschrift: NIKE-Bulletin
Herausgeber: Nationale Informationsstelle für Kulturgüter-Erhaltung
Band: 20 (2005)
Heft: 5: Bulletin

Artikel: Entre observation et normes statiques
Autor: Braun, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-726796

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

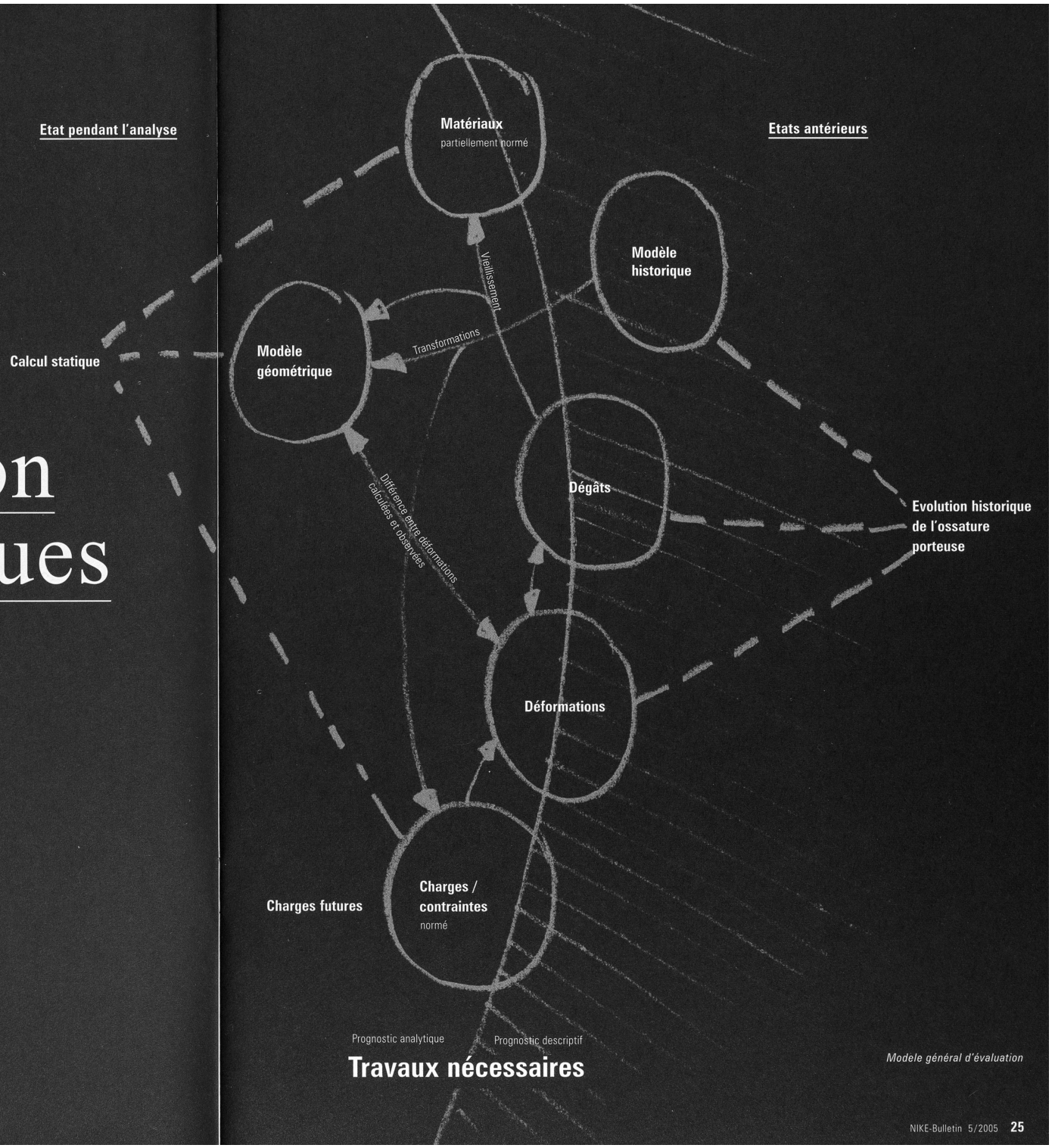
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Entre observation et normes statiques

de Peter Braun

Jusqu'au milieu du XIXe siècle, les structures étaient dimensionnées sur la base de l'expérience et du savoir-faire des artisans. Cette expérience fut partiellement transcrite dans les normes qui ont fait leur apparition vers 1850. Les normes furent le résultat d'une vérification par de nombreux essais et rendues applicables pour une multitude de matériaux. On observe que la plupart des anciens bâtiments construits avant l'établissement des normes statiques ne présentent actuellement que des dégâts dus à leur âge. Le dimensionnement par expérience ne peut donc pas être complètement faux.

Le modèle statique simplifie et réduit la réalité. Une observation méticuleuse de l'ossature porteuse peut définir un modèle complémentaire qui permet une approche plus pondérée du modèle calculé.



Modele général d'évaluation

Définitions

Dans le langage courant, on confond souvent la statique et la norme. Pourtant, il convient de les différencier: La *statique* fait partie de la mécanique (physique). Elle décrit un état sans mouvement dans lequel les forces sont en équilibre. Il s'agit d'un modèle mathématique sans jugement de valeur. La *norme* est une définition arbitraire de règles ou de faits qui ne peut être comprise dans son contexte historique. La définition normative de faits simples comme la longueur du mètre n'est guère contestée. Lorsque les normes comprennent des faits plus abstraits ou complexes, l'application en est rendue plus difficile. Soit que les normes ne peuvent pas être appliquées à tous les événements, soit qu'elles se contredisent.

Le calcul statique doit partiellement être compris sous l'angle de la prévision. Les actions normatives qui agissent sur des bâtiments tiennent compte d'événements particuliers – bourrasques de vent, tremblements de terre etc – qui en cas normal ne sont pas observables. Par contre, un risque supérieur, concernant des événements extrêmes, est implicitement accepté par ces normes.

La genèse des normes et de la sécurité

Dans l'architecture traditionnelle du canton de Fribourg, on observe deux types de solivages distincts qui ont été construits avant l'apparition des normes écrites:

- Les poutraisons des maisons patriciennes qui correspondent à peu près aux exigences d'aujourd'hui.
- Les poutraisons des habitations rurales qui théoriquement sont trop faibles par rapport aux exigences actuelles.

Néanmoins, l'auteur de ce texte n'a jamais vu un dégât majeur dû à la faiblesse d'un tel solivage. Les dégâts sont en général provoqués par une une infiltration d'eau, causant une pourriture soit au niveau de la poutre soit au niveau des appuis.

	Maisons patriciennes	Fermes
Section du solivage	20/20 cm	18/18 cm
Distances entre axes	0.80 m	1.40 m
Longueur libre	5.00 m	4.50 m
Poids propre	250 kg/m^2	100 kg/m^2
Capacité portante	250-300 kg/m^2	150-200 kg/m^2

Les premières normes de la police de construction édictées à Berlin en 1885 prévoyaient pour la fonction habitation des charges d'environ 250kg/m^2. On suppose que ces valeurs ont été calquées sur un modèle de solivage solide et bien fait, tel que décrit dans le cas des maisons patriciennes. La sécurité est mentionnée dans les anciens textes, mais leur définition reste diffuse. Une philosophie de la sécurité telle qu'utilisée aujourd'hui pour le calcul des structures en béton ou en acier – le bois est calculé selon un autre modèle – apparaît vers le début du XXe siècle, d'abord dans la mécanique, et ne fait que lentement son chemin vers la construction.

Modèle statique globalisé

Le propre du modèle est de réduire la réalité. A l'intérieur du modèle, les résultats sont justes et exacts. Au-delà de ses limites, le modèle ne peut plus être utilisé. En théorie il serait possible de discuter les limites des modèles statiques utilisés. Ce procédé est relativement lourd. Ainsi il est préférable d'utiliser différents modèles pour l'observation d'un bâtiment et d'analyser les différences qui résultent dans la partie contradictoire. L'analyse doit ainsi être envisagée sous des angles différents, faisant ressortir des détails cachés par l'un ou l'autre des modèles.

Les modèles sont interdépendants. Les résultats d'un modèle peuvent influencer les recherches ou les résultats d'un autre modèle. Dans ce cas, l'approche cyclique est indiquée. Elle consiste à établir les modèles l'un après l'autre, à reporter les résultats et, le cas échéant, à approfondir les recherches. A partir du moment où les modèles présentent une concordance, la recherche peut être interrompue.

Matériaux

Les matériaux de construction ne sont pas homogènes. Leurs caractéristiques peuvent être obtenues par des essais destructifs ou ils peuvent être approchés sommairement par des valeurs standardisées (tabelles). La définition des matériaux anciens et altérés s'avère nettement plus difficile. La valeur de résistance peut varier en fonction de dégâts et d'altérations. Elle ne sera pas constante sur toute la longueur d'une même pièce.

Contraintes et actions

Les contraintes extérieures qui agissent sur

un bâtiment sont pour la plupart aléatoires. Avec des échantillons statistiques, une définition exacte n'est possible que sur une longue durée – par exemple force du vent – ou simplement par une longue expérience. La valeur de 200 kg/m2 pour des habitations a été définie pour la Suisse depuis 1908.

Géométrie

Ce modèle comprend la géométrie du bâtiment: plans, coupes ainsi que le calcul mathématique, statique du bâtiment. La composante géométrique est primordiale. Elle définit pour une grande partie les forces et contraintes intérieures des matériaux. Dans la plupart des cas, une abstraction géométrique approximative peut suffire pour définir les calculs. Pour les noeuds, ainsi que pour le passage d'un matériau à un autre, un relevé exact avec les déformations effectives est nécessaire.

Déformation

Ce modèle comprend en plus du modèle géométrique, la composante dynamique. L'image des fissures ou des déformations permet de définir l'étendue des mouvements. Les réparations ou adaptations permettent de situer les mouvements dans le temps. Certaines déformations peuvent être calculées en utilisant le modèle géométrique. La comparaison entre le calcul et les déformations effectives permet de mieux cerner ces deux modèles.

Dégâts

Les dégâts sont dynamiques et irréversibles. Ils ont une cause et ils apparaissent à un moment donné. La plupart du temps, les dégâts sont le résultat d'une infiltration d'eau. Dans quelques rares cas, un dégât d'eau peut être causé suite à une déformation, mais le plus souvent, la déformation est le résultat d'un dégât. Après élimination de la cause, la mesure à prendre sera une simple réparation du dégât.

Modèle historique

Les modèles décrits ci-dessus ont tous une composante temporelle. Dans une certaine mesure, on peut décrire la chronologie des événements statiques du bâtiment. Les habitudes des utilisateurs, l'usage du bâtiment, la connaissance d'anciens plans ou décomptes de travaux exécutés peuvent compléter le tableau.

Deux études de cas

Les modèles des chapitres précédents regardés séparément sont souvent contradictoires. Une étude globalisée permet de discuter ces contradictions.

1. Beffroi de la cathédrale de Fribourg (châssis des cloches)

Le châssis inférieur de la Cathédrale de Fribourg construit en 1505 a fait l'objet d'une étude. Ce châssis porte les cloches de Marie (8500 kg) et de St. Catherine (4600 kg). Il a été fabriqué avec des poutres de chêne d'une section approximative de 35/35 cm. La partie la plus chargée est la liaison par tenon et mortaise des contreventements. Selon le modèle géométrique utilisé la surcharge est d'environ 20% par rapport aux valeurs normatives.

L'observation de cet assemblage montre:

- qu'aucune pièce n'a été changée au cours des siècles précédents (analyse dendrochronologie).
- que le jeu dans les assemblages est minime voire inexistant. Les déformations sont pratiquement nulles.
- que les fissures ne sont pas visibles et que la qualité du bois est excellente (absence de noeuds).

L'observation des modèles peut être résumée comme suit:

- Le modèle géométrique pour le calcul a été simplifié et réduit à deux dimensions. Certaines poutres assurant la stabilité de l'ensemble ont été écartées du calcul.
- Le bois de construction est d'excellente qualité. La valeur normative pour le bois (chêne) ne connaît qu'une qualité standardisée.
- Les efforts ne sont pas aléatoires mais définis par la physique. Le facteur de sécurité implicite utilisé pour pondérer les accidents (1.4) pourrait être réduit à 1.2 ou 1.1 comme c'est l'usage dans la construction des avions quand les efforts extérieurs sont exactement connus.

On constate que le calcul fut trop pessimiste. La surcharge de 20 % n'est pas très importante. Ainsi on peut admettre que les modèles d'observation sont plus exacts que le calcul. Le modèle des défauts a montré une vingtaine de petites faiblesses. Afin de garantir la pérennité de ce beffroi, il est nécessaire d'intervenir sous forme de réparations et d'entretien. La liste des travaux à exécuter a été transmise au propriétaire.

2. Couvent de la Maigrauge à Fribourg

La paroi extérieure du couvent (XVe siècle) présente un léger faux aplomb vers l'exté-

Couvent de la Maigrauge à Fribourg. Nef, maçonnerie et arcs en grès, voûtes en tuf.

Couvent de la Maigrauge à Fribourg, mur extérieur. Le mur est composé de différents matériaux et techniques.

Beffroi de la cathédrale de Fribourg. Tenon et mortaise, assemblage critique entre traverse et filière supérieure.

rieur. Cette déformation est ancienne. Vers 1800, la maçonnerie a été renforcée par la construction d'un contrefort visible sur la coupe.

En 1998, suite à un tremblement de terre, ce déversement fut constaté lors d'un état des lieux. Le problème à résoudre était de déterminer si ce faux aplomb provenait du tremblement de terre et s'il nécessitait une intervention statique. La géométrie de la coupe a été relevée avec précision. En coupe, on constate que les forces passent toutes à l'intérieur de la maçonnerie. Elles sortent à l'extérieur du bâtiment au niveau de l'intersection entre le mur et le contrefort.

L'observation de la maçonnerie montre:

- que mis à part un voûtain d'une clé de la voûte, aucune pièce disloquée n'a été observée. Ce dernier défaut est probablement plus ancien que le tremblement de terre évoqué car aucune trace de fissures récentes n'a été observée.
- que la fissure entre la voûte de la nef latérale et le mur extérieur ne s'est pas agrandie récemment.

L'introduction d'une force horizontale dans le modèle géométrique, qui correspond à un tremblement de terre, montre que les forces restent plus ou moins à l'intérieur des murs. Il n'y a pas eu de mouvement visible lors du dernier tremblement de terre. Des dégâts n'ont pas été constatés. Ainsi avons nous renoncé à renforcer la structure.

Conclusion

Les exemples évoqués montrent que sur la base de la seule observation du bâtiment, les constructeurs d'antan ont réussi à définir avec exactitude leurs interventions. L'approche qualitative est donc possible.

Un bâtiment construit est un essai à l'échelle 1 sur 1. Le descriptif soigneux de ce bâtiment et les conclusions tirées de cette description peuvent être comparées avec le calcul théorique. Les normes actuelles permettent d'inclure ces observations dans le calcul.

Le souhait de la rédaction du Bulletin NIKE était d'aboutir à l'établissement d'une liste des points permettant de cerner la problématique de la statique du bâtiment. Cette liste n'existe pas pour la simple raison que les bâtiments historiques sont trop complexes et trop particuliers. Les modèles cités plus haut permettent une approche assez complète du bâtiment. Ils ne sont pas figés et absolus, mais plutôt un point de départ pour des recherches ultérieures. On peut affirmer que l'approche quantitative et l'approche qualitative permettent d'obtenir le même résultat. La première étant très technique est peu compréhensible. L'approche qualitative peut être mise dans une forme lisible et compréhensible du grand public.
Cette approche induit dans la plupart des cas un travail complémentaire pour l'ingénieur. Néanmoins, ce travail est indispensable si on veut maintenir et valoriser les anciennes structures.

Rédaction: Mme Monique Rast, Architecte EPFL

Resümee

Während Jahrhunderten wurden historische Bauwerke nach Erfahrung und Beobachtung der Handwerker dimensioniert. Dass Beobachtung und Erfahrung allein genügen konnten, um durchaus solide Bauten zu gestalten, beweisen die vielen noch vorhandenen alten Gebäude, welche – abgesehen von kleineren Altersschwächen – keine nennenswerten Probleme aufweisen.

Der Erfahrungsschatz der Handwerker ist vor ungefähr 150 Jahren in die ersten Normen und Regelwerke eingeflossen. Mittels unzähliger Versuche und Erfahrungen wurden diese Normen bis zum heutigen Zeitpunkt laufend verfeinert und an die verschiedenen Materialien angepasst.

Die heute verwendeten statischen Berechnungen sind – wie alle Modelle – eine Reduktion der Wirklichkeit. Die genaue Betrachtung eines Hauses sowie die Beschreibung seines Zustandes – so zeigt der Autor Peter Braun anhand von zwei Fallbeispielen aus der Stadt Freiburg auf – ergeben ein anderes, in vielen Fällen komplementäres Modell, welches erlaubt, den normativen Ansatz zu diskutieren.