

HORS-NORMES ?

Moellons, terre crue, paille

1 BALADE A TRAVERS LE 20^{ème} SIECLE

Mesdames, Messieurs,

Pendant cette balade, je vais m'arrêter d'une manière courte sur les différents sujets. Etant donné que je traîne depuis plus d'un demi-siècle sur les chantiers mon histoire personnelle et l'histoire des normes se confondent un peu.

1.1 Introduction

Durant nos études, dans le domaine de la statique, on nous a appris la mécanique, la résistance des matériaux, les concepts porteurs, la façon d'évaluer une charge, et vers la fin du semestre, le professeur nous a indiqué que pour des cas de doute et pour des cas spéciaux il y avait des normes.

Un peu plus tard lors d'études postgrade et d'une discussion sur le sens des normes j'ai été confronté à la remarque suivante : « une norme est une règle arbitraire qui ne peut être comprise que dans son contexte historique », sous-entendant que la technique et la norme étaient deux paires de chaussures.

Mon père était cheminot, et il me racontait que pratiquement toute norme ou règlement aux CFF était issue d'un accident. Il ajoutait aussi qu'il y avait des accidents qu'on pouvait seulement produire avec des locomotives à vapeur, mais qu'ils étaient appliqués à la lettre aux locomotives électriques, étant donné que personne ne se souvenait de ces accidents

1.2 La norme et la sécurité

Une des objectifs de la normalisation est la protection des utilisateurs contre des accidents, et d'augmenter la sécurité.

1.2.2 La norme qui cache un intérêt industriel

Avec l'apparition du béton, il y avait un certain scepticisme concernant ce bouilli qui se transformait en pierre, et qui pouvait faire des dalles avec un peu de ferraille dedans.

Le béton à l'époque était cher, un m³ coûtait l'équivalent de 3 jours de travail de maçon. A ceci il fallait ajouter 1 à 2 jours pour la ferraille. Il était donc évident qu'il fallait faire le plus avec le moins de matériau et prouver que cela tenait quand même.

Lors de recherches aux débuts de la physique du bâtiment, je suis tombé sur un article dans la « Bauzeitung » datant d'environ 1895, malheureusement je n'ai pas retenu la source exacte. L'article parlait d'une analyse des bâtiments patriciens de Freiburg im Breisgau. Selon cette analyse, la charge supportée par la poutraison de ces bâtiments était de 200 kg/m². Ils proposent dans cet article de faire une référence pour le béton armé, afin de prouver qu'il est aussi solide que la construction traditionnelle en bois.

J'ai cherché à trouver d'autres données mais il faut dire que ces 200 kg/m² apparaissent un peu partout dans les manuels techniques HUETTE et autres au début du 20^{ème} siècle sans jamais avoir une indication d'où cette valeur vient.

Le normatif du béton servait alors d'une part pour garantir une bienfaisance de ces structures, mais aussi pour promouvoir le béton.

Si on regarde le patrimoine vernaculaire du canton de Fribourg, on constate que la tradition des charpentiers se basait sur le même calcul avec une valeur d'environ 100 kg/m². Et dans ma carrière d'ingénieur, je n'ai vu une poutre fissurée par pure surcharge que dans un cas (les autres poutres cassées étaient affaiblies par une infiltration d'eau). Cette poutre portait un pont de grange où le paysan avait entreposé une moissonneuse-batteuse, beaucoup plus lourde qu'un char à chevaux pour laquelle elle était construite.

1.2.3 La norme qui empêche

Si on regarde les écrits de Klaus Pieper (Sicherheit historischer Bauten), on constate qu'il propose de faire des charpentes en béton sur les églises allemandes en vue des incendies causés par les bombes incendiaires de la deuxième guerre mondiale. Cette peur du bois a été reprise par les normes incendie et a bloqué pendant longtemps le développement de bâtiments en bois. Je me souviens du début de ma carrière, où la réponse standard était : le bois ça brûle et ce n'est pas sûr.

1.3 La norme de bonne facture (éviter des défauts)

Depuis des siècles, les règles de l'art déterminent comment il faudrait construire pour éviter des défauts dans la construction. Actuellement, les normes ont repris cette fonction. Je constate que ce normatif est souvent en conflit avec une approche plus globale du bâtiment.

1.3.1 Entre sauvegarde du patrimoine, écologie et normatif

La toiture de l'Hôtel de ville à Fribourg a été refaite dans les années 1990. Lors de la dernière transformation en 2020, j'ai été appelé par le service des biens culturels pour me prononcer sur l'état de la couverture, qui comptait environ 18'000 tuiles. Selon les spécialistes, la contrelatte de 4

cm d'épaisseur était insuffisante, car selon la norme il fallait 6 cm. Cela impliquait de retourner la toiture, et de déposer et reposer les tuiles avec une perte de tuiles d'environ 50%.

Après 30 ans, la contrelatte existante était en parfait état et sans défauts. Pour finir, la toiture a été maintenue, et les quelque 200 tuiles cassées changées.

1.4 La norme « politique » - économie d'énergie

Tout un normatif comprend l'économie d'énergie, en partant de la crise pétrolière des années 70 jusqu'à nos jours avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

1.4.1 La norme sectorielle

En 1972, les pays pétroliers ont fermé le robinet. Et il y a eu un premier réveil concernant la consommation énergétique. Il y a eu une réaction normative pour mieux isoler les maisons. La norme en 1990 demandait des valeurs U entre 0.3 et 0.4 W/m². L'isolation était normée, mais dans une certaine mesure on a oublié qu'on travaillait sur l'ensemble du climat, des habitants et du bâtiment. En régularisant seulement l'isolation, il y a eu des tonnes de dégâts dus à l'humidité. Cette norme était tellement focalisée sur une économie d'énergie que les bonnes pratiques qui auraient dû en découler ont été laissées de côté.

1.4.2 Le normatif thermique ad absurdum

Actuellement, il y a des collectivités publiques qui ont érigé Minergie P comme norme. Dans ce cas, la ventilation double flux est obligatoire. Dans une colonie de vacances utilisée entre avril et septembre, où on peut facilement ouvrir les fenêtres sans trop de pertes d'énergie, il fallait mettre cette ventilation. A ma question au ventiliste si c'était utile, j'ai eu la réponse suivante : « C'est un non-sens parfait. Mais si je le ne fais pas je me tire une balle dans le pied. Je dois travailler le double ou le triple pour persuader que c'est un non-sens, et étant donné que je fais moins, mes honoraires baissent. »

1.4 Résumé

Il y a des normatifs simples, comme par exemple la nouvelle norme sur le raccord USB-C. Ces normatifs peuvent vraiment aider à produire moins de déchets et simplifier la vie des utilisateurs.

Il y a des normatifs plus complexes, et qui ont des objectifs tout à fait louables, mais qui en même temps peuvent cacher des objectifs secondaires qui sont très difficiles à détecter.

Je me rends également compte que même les spécialistes des normes ne connaissent pas toujours la raison d'un article précis, ni l'histoire de l'évolution de la norme.

Ce n'est pas toujours la norme qui est à questionner, mais notre propre réaction par rapport à la norme.

Autrement dit : est-ce qu'il faut prendre la norme à la lettre, ou est-ce qu'il faut une interprétation de la norme ?

2 TRAVAUX AVEC DES MATERIAUX NON NORMÉS

Les normes peuvent être une source d'informations, et même si je travaille avec des matériaux non normés, je m'inspire de ces informations pour pouvoir faire un travail d'ingénieur.

2.1 Petit rappel de ce que font les normes pour la statique

Il faut savoir ce qui agit sur le bâtiment : les charges dues au poids propre, les surcharges utiles, la neige, le vent, etc. Ceci peut être repris dans les normes correspondantes ; comme on l'a vu, les 200 kg/m² sont élevées mais utiles.

Ces charges sont majorées avec un premier facteur de sécurité.

Il faut connaître les caractéristiques du matériau à utiliser. Le normatif donne des valeurs pour différents paramètres physiques et souvent la façon dont ils sont mesurés ou contrôlés.

Entre autres, ces paramètres décrivent ce que le matériau peut supporter sans se casser. On peut appeler cela la contrainte de rupture.

Le calcul statique lui-même est déterminé par la mécanique. Avec ce calcul, on obtient la contrainte effective dans le matériau sous la charge définie plus haut.

Cette contrainte devrait se situer en-dessous de la contrainte maximale du matériau diminué par un facteur de sécurité, qui est défini pour les différents matériaux normés, mais qui manque pour les matériaux hors-normes.

C'est une sorte de balance. Si la contrainte due à la charge est égale à la contrainte de rupture, le bâtiment tient. Mais si la charge augmente, le bâtiment se casse. Si on augmente la contrainte de rupture, le bâtiment devient plus sûr, par contre augmenter cette contrainte coûte, et il faut trouver un équilibre entre investissements et sécurité.

2.2 Facteur de sécurité

Le facteur de sécurité reflète la qualité et la tolérance du matériau. A l'époque, il fallait faire des cubes d'essai pour le béton, qui étaient cassés en laboratoire pour prouver que la résistance du béton calculé

et la résistance du béton en place étaient similaires. Actuellement, les centrales à béton se chargent de faire les essais et de garantir la qualité du béton. Comme l'acier est également normé et testé, le facteur de sécurité pour le béton est faible.

La maçonnerie en brique, qui est fabriquée sur place, est beaucoup moins contrôlable ; il en résulte un facteur de sécurité plus important.

Admettons un mur en briques plein. Si on enlève un trou pour une porte, les charges directement au-dessus du vide sont reportées sur les embrasures. Dans un mur en béton, l'ingénieur tient compte de ces trous. Pour la brique, ce n'est souvent qu'un calcul sommaire, soit une estimation selon la tradition. De plus, si vous avez déjà vu un mur en briques après le passage des électriciens et du sanitaire, vous êtes bien contents que le facteur de sécurité soit assez élevé.

2.3 Terre crue

Comme décrit plus haut, il faut arriver à déterminer un facteur de sécurité pour ces matériaux. La directive française demande un facteur de sécurité de 5. Si on regarde la littérature allemande des années 1950, on peut estimer qu'ils ont plutôt travaillé avec un facteur de sécurité de 3 (ce facteur n'est pas défini mais on peut l'estimer en analysant les règles de bonne facture).

La différence s'explique par plusieurs raisons :

- Il y avait un savoir-faire des maçons qui ont appliqué cette technique.
- Les bâtiments étaient modestes avec des petites ouvertures, c'est-à-dire il y avait peu de concentration de charges, ou que les charges étaient assez uniformes.
- On travaillait lentement, une petite défaillance locale était repérée et réparée pendant le chantier.
- On cachait la terre à la fin du chantier avec un crépi.

Pour l'école de Geisendorf, construite avec des briques Terrabloc, on a appliqué un facteur de sécurité de 3.

- Le mur est homogène et avec une diffusion de charges qui évite des surcharges locales.
- La brique a été contrôlée avant la mise en place, et uniquement les lots qui avaient les caractéristiques requises étaient utilisés.

Pour la maison de quartier des Plaines-du-Loup en pisé, on a appliqué le facteur 5.

- Le bâtiment n'était pas tout à fait conçu pour le pisé. Il y a des incohérences dans le design.
- Les murs bruts seront visibles en fin de chantier, la fissuration doit être limitée.

2.4 Paille

Les murs en bottes de paille fonctionnent comme un panneau sandwich, avec un noyau souple et deux membranes rigides formées par le crépi. Le mécanisme de rupture déterminant est le flambage. Celui-ci est déterminé principalement par l'élasticité de la paille.

L'élasticité est en grande partie déterminée par le compactage que la paille subit quand elle est mise en botte. Autrement dit, si le poids volumique de la botte est plus ou moins constant, on peut admettre que l'élasticité est également constante.

Sous la charge morte ou le poids propre de la construction, la paille se tasse. Ces tassements peuvent atteindre 10 cm par étage. En comparant le tassement théoriquement calculé avec le tassement réel des murs on a sur l'ensemble des murs un aperçu du facteur d'élasticité. Autrement dit, si le tassement mesuré est inférieur au calcul, le matériau est dans son ensemble du côté sûr.

Actuellement, j'applique un facteur de sécurité de 3. C'est-à-dire que si un mur devrait flamber à 6 tonnes, on peut le charger avec 2 tonnes/m. Je donne ces indications en tonnes pour la simple raison que ce sont des valeurs empiriques et non scientifiques.

En regardant les constructions anglaises, je constate qu'ils travaillent avec un facteur de sécurité moindre. Je pense qu'avec des essais plus poussés et des modèles mathématiques un peu plus évolués, on pourrait augmenter un peu la charge.

3 VERS UN AUTRE NORMATIF

3.1 Les conditions générales

Revenons sur la toiture en tuiles : dans les conditions générales, l'artisan doit signer qu'il respecte les normes SIA, VSS et autres règlements des associations professionnelles.

Pour revenir à notre contrelettre de 6 cm, le professionnel doit se mettre en porte-à-faux par rapport à ce qu'il a signé, et doit prouver que la norme est erronée, ou pas applicable pour ce cas et que le maître d'ouvrage a tout intérêt de ne pas suivre la norme.

Dans le cas précis, il perd du travail, étant donné que changer 200 tuiles ou 18'000 tuiles représente une différence d'un certain montant.

L'entrepreneur demandait de pouvoir écrire une décharge, c'est-à-dire que le maître d'ouvrage prend la responsabilité pour la latte de 40 mm. Le maître d'ouvrage n'est pas un professionnel en la matière, et il devrait juger sur le risque qu'il prend, et désavouer en quelque sorte son propre cahier des charges.

3.2 La norme définit

Pour être compacte, la norme doit définir des principes simples. Et on peut partir du principe qu'il y a une interprétation de la norme pour l'adapter au cas concret.

Avec la complexité des normes mais aussi avec les méthodes de calcul par ordinateur, les résultats des analyses sont plus précis, sans pour autant toujours être plus justes.

Il y a 20 ans, lors du permis d'habiter, l'inspecteur venait faire un tour, et jugeait si la hauteur du contre-cœur des fenêtres était respectée ; à la rigueur il faisait adapter une fenêtre qui était franchement trop basse. Aujourd'hui, il vient avec le double mètre et si le contre-cœur est à 98 cm, il faut mettre une barre. Le premier appliquait le contenu de la norme, soit « il faut se sentir en sécurité », le deuxième applique la norme à la lettre.

3.3 Mise en garde

D'une certaine manière il faudrait réintroduire le bon sens dans la norme. Je propose donc qu'on mette un tampon rouge sur chaque norme :

« Attention, les valeurs de cette norme sont à utiliser avec leur précision relative, des écarts peuvent être appliqués en utilisant le bon sens. »

Les juristes vont s'entretuer pendant 20 ans à savoir ce qu'est la précision relative et le bon sens, mais au moins les ingénieurs peuvent travailler en paix, et on aura le temps d'adapter les normes.

3.4 Sortir de l'impasse

Actuellement il y a sur un chantier de taille moyenne environ 8 ingénieurs spécialistes, qui ajoutent toutes leurs couches nécessaires autour d'un bâtiment. On arrive à une sorte de millefeuille avec des matériaux de plus en plus complexes.

Et il faut constater que dans chaque couche, il y a un facteur de sécurité. L'ensemble de ces couches peut devenir assez indigeste, et il incombe souvent à l'architecte de faire le tri entre ce qui est nécessaire ou non. De l'autre côté ; il faudrait arriver à simplifier les bâtiments, et les modes de construction. De ne faire d'autre que le strict nécessaire, pour avoir un bâti de qualité mais qui utilise le moins de ressources possibles. Ceci ne peut se faire que si on dispose d'un normatif également simple et transparent.

Il faut se rendre à l'évidence : une norme n'est jamais objective. Par contre on peut faciliter la lecture critique de la norme : si la norme définit les objectifs à atteindre ou si la norme ne définit pas seulement ce qu'il faut faire mais le pourquoi. La norme peut définir des valeurs à respecter absolument, mais il faudrait laisser une marge pour les valeurs secondaires.