

Analyse du comportement d'une structure avec application des techniques de la réalité virtuelle

Auteur: Lucas Ferrari

Encadrement : Prof. Miguel Fernández Ruiz / Prof. Claudio Leonardi

Laboratoire de construction en Béton (IBETON), EPFL

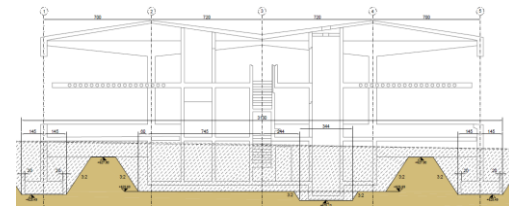
Présentation du projet :

Comme son nom l'indique, ce projet va avoir pour but d'analyser une structure ainsi que son fonctionnement puis représenter ce même bâtiment dans un environnement virtuel afin de pouvoir afficher les résultats de l'analyse directement sur le bâtiment et que tout cela soit accessible avec un casque de réalité virtuelle. Il s'agit avant tout d'un projet exploratoire, qui a pour but d'explorer les possibilités qu'offrent la réalité virtuelle pour le monde de la construction au travers d'un exemple en particuliers. Le modèle en VR se verra interactif, c'est-à-dire que l'utilisateur pourra bouger librement dans le modèle, sélectionner quels résultats il veut voir et même interagir avec la structure. Le bâtiment étudié est l'école primaire du Botzet, à Fribourg. Le bâtiment date de l'agrandissement du centre en 2011.

Structure étudiée:

Le bâtiment étudié dans ce projet est donc un bâtiment scolaire de 3 niveaux visibles sur l'image ci-contre. Le bâtiment repose sur un ensemble de semelles carrées en béton. La spécificité principale de la structure est la dalle de l'étage qui est suspendue au toit par une série de câbles disposés sur tout le pourtour de la dalle. Cette dalle est également allégée avec du Cobiax pour en faire une dalle creuse. Le toit est supporté par 6 colonnes posées sur le tour du bâtiment avec un sommet en forme de triangle, et il est porté au centre par un noyau en béton. L'ensemble des connexions du bâtiment sont encastrées à l'exception de la partie intérieure de la dalle sur sous-sol.

Concernant les charges appliquées, la toiture est soumise à la neige et n'est pas accessible, l'étage et la partie intérieure du rez-de-chaussée sont des espaces d'enseignement, la partie extérieure est quant à elle un préau et est donc considéré comme un lieu de rassemblement. Finalement, le sous-sol sert d'espace de stockage.



Méthodologie:

La première étape est donc d'analyser le bâtiment, pour que ces résultats puissent être affichés ultérieurement dans le modèle. L'analyse sera faite avec un logiciel d'élément fini, SCIA, afin d'obtenir des résultats graphiques, visuels. En parallèle, la structure est reproduite en 3D à l'aide de logiciels de modélisation prévus à cet effet. Puis, les résultats de l'analyse et le modèle sont réunis à l'intérieur de logiciel de modélisation qui feront également le lien avec le casque VR pour visualiser le résultat. Le modèle peut être rendu interactif avec Unreal Engine qui est à la base un logiciel d'édition de jeux vidéos. En parallèle de cette étape de programmation, il y a tout l'aspect exploratoire du projet étant donné qu'il est possible de faire différents tests pour explorer les possibilités offertes par la VR.

Analyse de la structure:

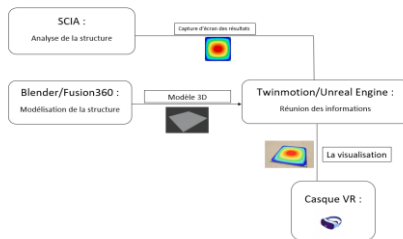
L'analyse de la structure s'est concentrée sur la flexion de dalle suspendue, le poinçonnement de cette même dalle au droit des câbles ainsi que les efforts dans les câbles. Le comportement des éléments verticaux sous charge horizontale a également été vérifié, de même que les efforts dans la toiture. Ce pour les cas de charges de l'ELU pour l'utilisation comme charge prédominante, le cas sismique ainsi que l'ELS quasi-permanent. Outre la résistance du bâtiment pour l'ELU, les déformations, la fissuration et les vibrations ont également été étudiées.

Modélisation:

La modélisation du bâtiment s'est faite sur deux logiciels différents : Fusion360 pour les éléments géométriques et Blender pour les formes plus abstraites qui nécessitent l'outil de sculpture. La modélisation se base sur les plans de coffrage. La texture du béton apparent à l'intérieur est prise à partir d'une bibliothèque existante, la texture du béton teinté en jaune est quant à elle produite à partir d'une photo de mur prise sur place.

Programmation:

La partie programmation pour rendre le modèle interactif se fait sur Unreal Engine qui est prévu à la base pour créer des jeux vidéos et donc propose toute une série d'outils très utiles pour la visualisation de projet de construction ainsi que les résultats de l'analyse statique. La programmation se fait avec du blueprint, qui est une sorte de langage de programmation très visuel et intuitif facile à prendre en main. La diversité des outils et la puissance du programme permet une très large gamme de possibilités pour représenter ce que l'ingénieur souhaite.

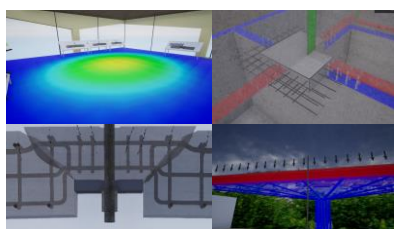


Contenu du programme:

Le programme est constitué de 3 mondes, le premier est une visite guidée de différents ateliers qui présentent de manière interactive les différentes vérifications de l'analyse du comportement ou d'autres concepts du métier d'ingénieur. On peut en outre voir les différents graphiques 2D comme la déformation directement affichés sur les dalles, les différentes ruptures dues au poinçonnement ou encore la vibration de la dalle suspendue. Le deuxième monde est celui destiné aux calculs, il regroupe de manière efficace les différents résultats de l'analyse statique de sorte à ce qu'ils soient accessibles rapidement et facilement, au contraire du premier monde où ils sont dispersés le long de la visite. Finalement, le dernier monde est celui destiné aux aspects constructifs, tels que des détails de connexions, les arrêts de bétonnage ou les différents matériaux utilisés affichés directement sur les éléments en question.



Plus-values:



Le projet ayant pour principal objectif d'explorer les différentes possibilités qu'offre la VR, la dernière étape est donc d'identifier certaines plus-values de la réalité virtuelle pour le monde de la construction et de définir à quoi pourrait ressembler l'avenir entre le GC et la VR. Une des premières solutions serait de développer des logiciels spécialement dédiés au génie civil, cela pourrait être des logiciels de conception de connexion en VR, des logiciels de visualisation de résultats, qui pourraient directement communiquer avec les logiciels de dimensionnement. On pourrait également utiliser ces modèles 3D comme outils de discussion, par exemple en réunissant les différentes parties prenantes d'un projet à l'intérieur du modèle et de l'utiliser comme un support de discussion, avec la possibilité de la modifier directement depuis l'intérieur. Finalement, la VR peut être simplement utilisée pour représenter différents concepts typiques du génie civil, comme des cartes de fissuration en 3 dimensions, des cheminement d'efforts dans la matière, comme un modèle bielle et tirant dans le béton ou encore le fonctionnement d'un treillis métallique. Cela pourrait servir pour préparer chaque étape de construction, que se soit dans sa globalité ou en se concentrant sur un détail de construction.