



Étude de façade Nieuw Havenhuis

Ingénierie de la façade

Dans le projet spectaculaire de l'architecte britannico-irakienne Zaha Hadid pour la Maison du Port d'Anvers, la façade joue un rôle crucial. Au-dessus d'un parking souterrain et de l'ancienne caserne de pompiers rénovée, BB, en collaboration avec une équipe pluridisciplinaire, a construit l'enseigne du port d'Anvers.

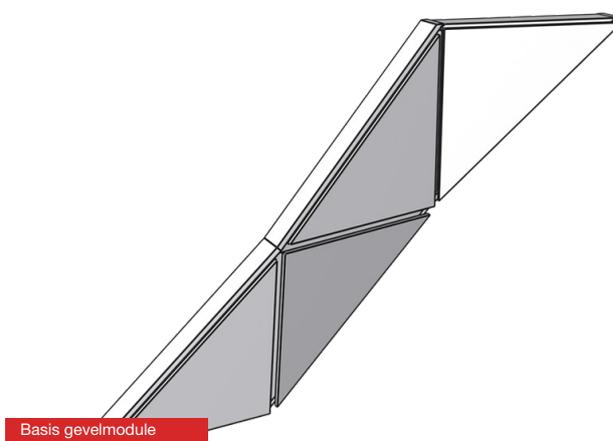
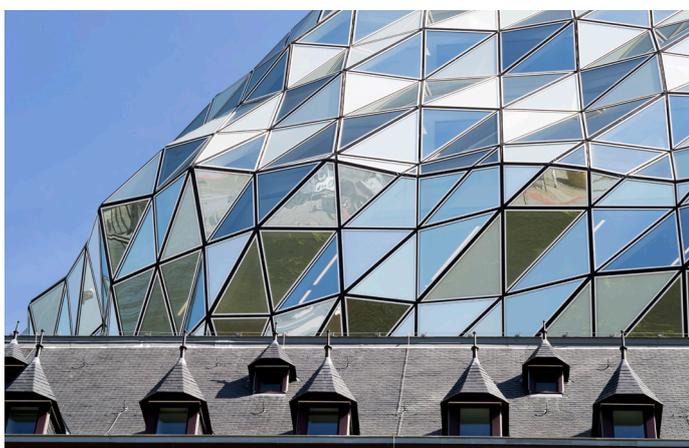
L'apparence du volume entièrement vitré du nouveau bâtiment s'inspire du diamant. Du côté nord, la façade est plutôt plate et évolue progressivement vers une surface "polie" ou "facettée". En fonction de la lumière ou du point de vue de l'observateur, ce principe de conception produit l'effet étincelant d'un diamant qui brille au soleil.

Conception de la géométrie de la façade

L'effet étincelant d'un diamant est obtenu en poussant les sommets des triangles plus ou moins vers l'intérieur ou l'extérieur. La forme de base complexe combinée à la "rugosité" variable de la surface a donné lieu à une volumétrie extrêmement complexe au stade de la conception.

Architecte: Zaha Hadid Architects (GB)
e.c.a. Bureau Bouwtechniek
Client: Autorité portuaire d'Anvers
Conseillers: Bureau d'études Mouton (stabilité), Bureau d'études Ingenium (techniques), Daidalos Peutz (acoustique), Origin (restauration), FPC (sécurité incendie)
Lieu: Anvers
Superficie: 12.000 m² (espace de bureaux)
Timing: 2012 - 2016
Budget: € 59.000.000
Statut: achevé

Sur la base de cette intention de conception, nous avons décidé, lors de l'élaboration du dossier d'appel d'offres, de concevoir la façade comme une **façade d'éléments**, composée de modules préfabriqués. La préfabrication et le montage sur site ont permis de garantir la meilleure qualité d'exécution possible et de respecter le calendrier et le budget serrés. D'un point de vue financier, mais aussi pour des raisons esthétiques, le motif conçu à l'origine par Zaha Hadid Architects a été rendu moins dense. Cela a rendu la relation entre le profil du verre et le verre lui-même plus attrayante et a permis d'éviter une fragmentation excessive de l'image de la façade. Un module de façade se compose de quatre panneaux de verre triangulaires, reliés en six nœuds et soutenus par des diagonales primaires, des horizontales secondaires et des verticales tertiaires. En consultation avec Zaha Hadid Architects, il a été décidé que les modules orientés en diagonale étaient le meilleur moyen de donner à la façade le caractère souhaité.

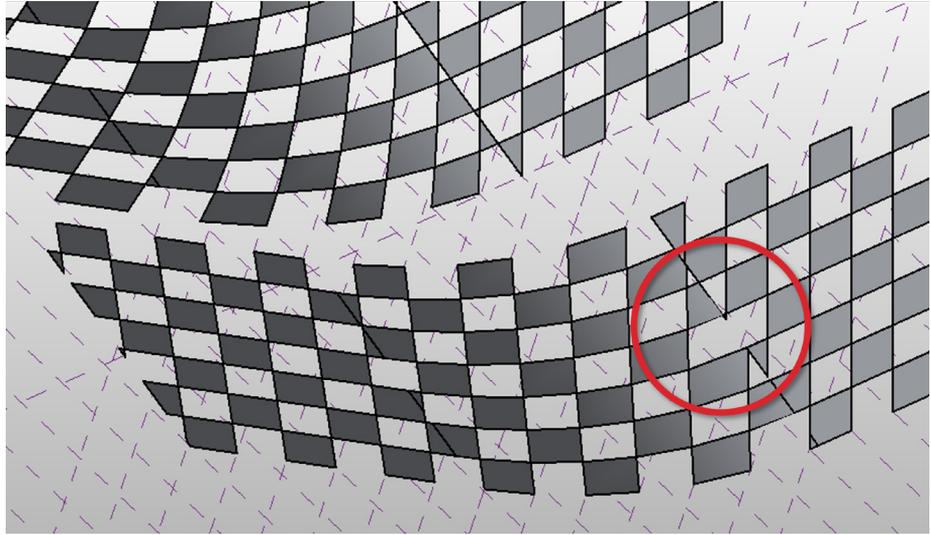


Le chaos ?

La question primordiale à laquelle BB a été confronté à ce stade de la conception était de savoir si - et comment - l'effet craquelé et chaotique de la façade, qui s'atténue progressivement, pouvait être obtenu avec un nombre limité de modules de façade uniques, en vue d'une composition de façade réalisable et financièrement viable.

Dans un premier temps, il a été décidé que la **projection orthogonale** de la grille triangulaire sur la façade se ferait **dans trois directions** au lieu d'une. Sur les deux côtés d'extrémité, la direction de projection a été tournée à angle droit par rapport à ces côtés. De cette manière, on a évité que la grille de la façade sur ces côtés soit extrêmement déformée, que les profils verticaux soient très inclinés et que les panneaux soient trop grands. Cependant, les grilles des différentes directions de projection devaient s'adapter parfaitement à la transition. Pour ce faire, nous avons calculé des motifs pour les côtés d'extrémité qui correspondent parfaitement aux côtés longitudinaux.

Photo ci-dessous : projection orthogonale dans une direction. Projection orthogonale centrale dans deux directions. Notez la transition entre les deux côtés, qui n'est pas encore bien connectée sur cette image.



Dans un deuxième temps, nous avons examiné comment l'**effet de crépitement modulaire** pouvait être obtenu dans les différentes directions de projection. Dans chaque module de façade, chaque nœud peut être déplacé sur une distance arbitraire perpendiculairement à la façade pour ajuster l'orientation des panneaux de verre, ce qui permet d'obtenir cet effet. Afin de préfabriquer un nombre limité de modules uniques, il a été décidé de ne déplacer les nœuds que sur trois distances différentes, à savoir 0, 30 et 60 cm. Puisque, selon ce principe, il y a encore un nombre théorique de 36 = 729 types de modules était possible, à l'aide d'Excel, le nombre de modules a été réduit. Excel, le nombre de modules a été réduit par des manipulations critiques dans le cadre d'une optimisation manuelle.

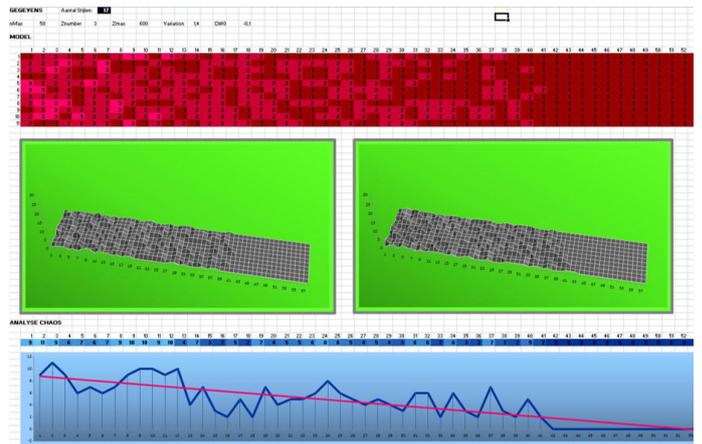
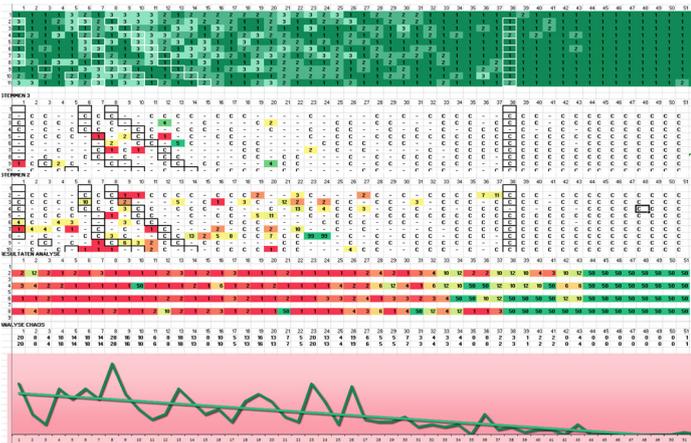


Photo de gauche : manipulations critiques des modules de façade, calcul dans Excel. Notez le graphique "Analysis chaos", qui a été utilisé lors de l'optimisation manuelle pour vérifier en permanence si l'effet d'écrasement souhaité était toujours atteint.

Photo de droite : manipulations critiques des modules de façade, résultat dans Excel. Bien que seuls 17 types de modules soient encore utilisés, aucune réduction du chaos n'est perceptible dans l'image de la façade.

Cette optimisation a permis de réduire le nombre théorique de modules de façade de 729 à un nombre réaliste de 17 types d'éléments à préfabriquer. Dans le même temps, le chaos a été évité et l'effet de craquelure progressive a été préservé. Ce processus nous a appris qu'un équilibre entre les calculs informatiques et l'optimisation manuelle permet de faire face à des problèmes de conception aussi complexes.

BIM

Nous avons ensuite développé un modèle BIM qui était la synthèse de la recherche géométrique approfondie. La base de ce modèle était un modèle filaire, à partir duquel les différents onglets, les dimensions des panneaux de verre, etc. ont pu être déduits assez facilement. Nous avons également déterminé l'emplacement précis des surfaces vitrées par rapport au "plan zéro" de la façade. Sur la base de toutes ces conditions préalables, Groven+ a élaboré en détail un système de profils, de vitrages et de nœuds pour réaliser la façade. Bien que le volume global du diamant ait été déterminé dès le départ par Zaha Hadid Architects, après un processus de recherche et de conception de plusieurs mois, la forme finale et précise a été déterminée par la manière dont les modules de la façade ont été élaborés par nos soins.

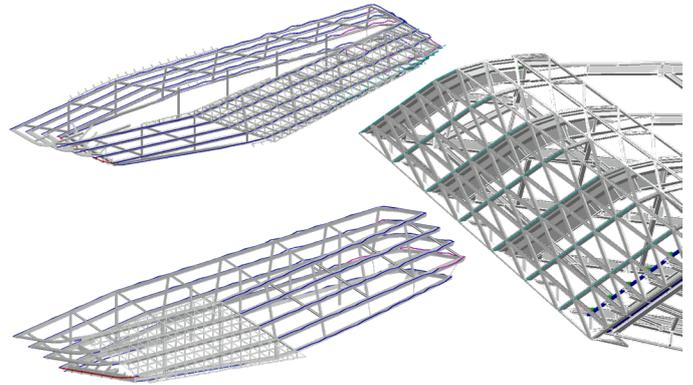
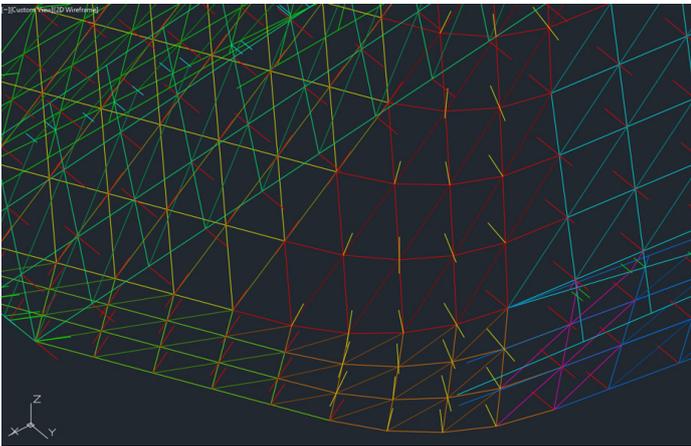


Photo de gauche : détail du modèle en fil de fer. Notez les lignes perpendiculaires à la façade, qui représentent la distance sur laquelle les points des modules sont repoussés.

Photo de droite : modèle de façade élaboré de Groven+, basé sur le modèle de BB.

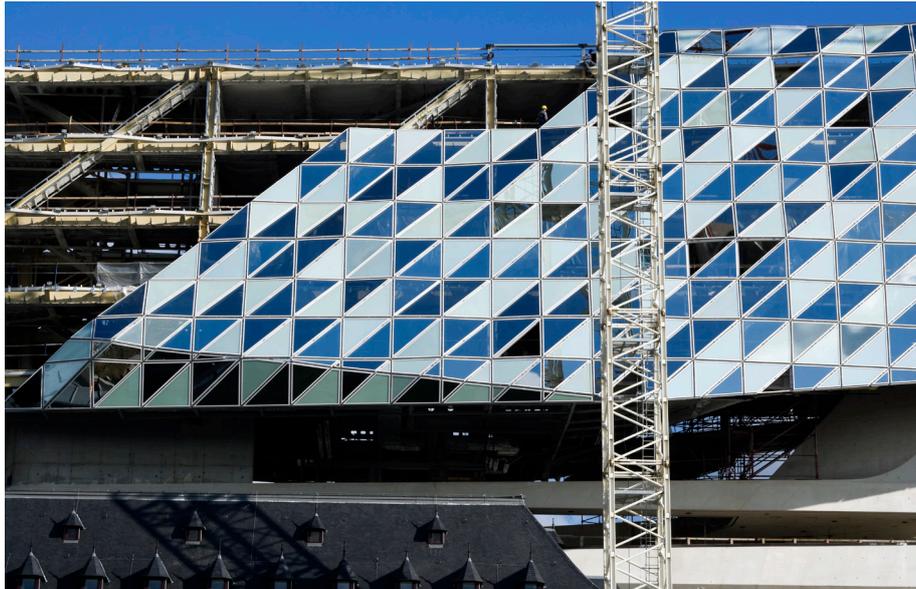
Détail de la façade

Les complexités étudiées au niveau de la façade, et celles de l'ensemble du nouveau bâtiment, se sont rencontrées dans le détail de la façade. Un essai en soufflerie a donné une idée des pressions exactes du vent sur le volume du losange. Cela a permis de définir les exigences correctes pour le vitrage et les profils. Le bureau d'études Mouton a calculé en détail la déformation de la structure en acier que le système de façade devait être capable d'absorber. Nous avons également déterminé les conditions thermiques limites auxquelles la façade devait répondre. En collaboration avec Daidalos Peutz, les conditions acoustiques préalables ont été définies. Lorsque les différentes exigences du système ont été réunies (résistance, poids, prix de revient, degré de préfabrication, flexibilité...), l'aluminium s'est rapidement imposé comme le choix évident pour les modules de la façade.

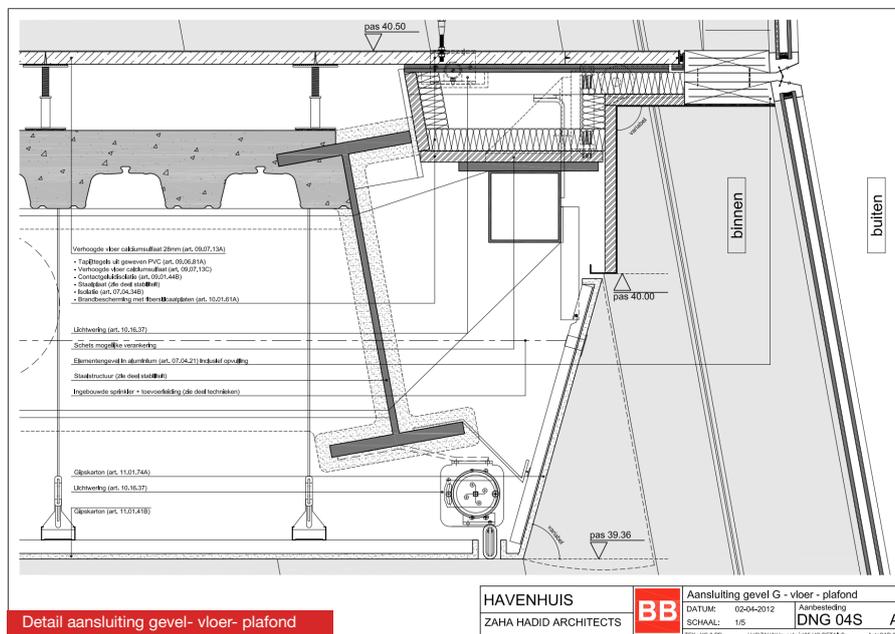
La distance sur laquelle les points des modules de la façade sont repoussés - que ce soit 0, 30 ou 60 cm - devait naturellement être comblée afin de suspendre la façade à la structure de support primaire en acier. Nous avons conçu un système d'essoreurs secondaires qui ont été fixés aux poutres du plancher, tout en suivant le mouvement de fissuration de la façade. Les modules de la façade ont été fixés par des ancrages au sommet de la section en caisson. Pour que les modules puissent être ajustés horizontalement, verticalement et transversalement à la façade au niveau des ancrages, ces derniers ont été pourvus des trous oblongs et des connexions boulonnées nécessaires. De cette manière, les rails des modules de façade ont pu être alignés horizontalement avec la surface du sol après que la structure ait été entièrement chargée.



Le compartimentage coupe-feu entre les différents étages a été assuré dans les détails de la façade en enveloppant les ancrages avec des panneaux de fibre de silicate et de l'isolation. En outre, un système d'arrosage a été intégré au niveau des retombées - là où le plancher est visible derrière le verre - afin de refroidir les modules de façade de l'intérieur en cas d'incendie. De cette manière, il a été possible de réduire la résistance au feu requise de la structure en acier de 120 à 90 minutes. En outre, deux fenêtres ouvrantes par étage ont été prévues dans le nouveau volume du bâtiment, ce qui permet d'évacuer la fumée en cas d'incendie. Les propriétés acoustiques du détail ont été obtenues en découplant l'imposition des dalles de sol en sulfate de calcium sur la plaque d'acier grâce à une isolation contre les bruits d'impact. Nous avons également veillé à ce que les colonnes primaires en acier, qui sont entourées de plaques de plâtre, s'harmonisent parfaitement avec le retombé dans les angles.



Sous-traité par Interbuild, Groven+ a travaillé en étroite collaboration avec nous et Zaha Hadid Architects pour développer le détail de la conception en un détail d'exécution, qui comprenait le détail du joint en trois étapes dans les profils de façade que nous avons définis. La structure primaire en acier, ainsi que les wringkokers et les dalles de plancher en acier, ont été préfabriqués dans l'atelier de Victor Buyck Steel Construction, puis transportés en 9 parties par bateau jusqu'à Anvers, où ils ont été soudés ensemble.



Mock-up

Après l'appel d'offres, la négociation et l'attribution du contrat à Groven+, le façadier a élaboré un système de réalisation de la façade basé sur toutes les conditions préalables. Une maquette visuelle a été construite pour évaluer l'effet de la réflexion dans la pratique et pour analyser les connexions des différents profils et bavettes d'une manière pratique. En concertation avec Zaha Hadid Architects, certains panneaux de remplissage opaques et différents types de verre ont été choisis, en tenant compte non seulement d'arguments esthétiques mais aussi de la lumière du soleil.

Les performances acoustiques ont été évaluées en laboratoire sur une maquette technique. En outre, l'étanchéité à l'air et à l'eau et la résistance au vent ont été testées sur l'ensemble avec des joints EPDM spécialement développés pour les raccords d'angle dans les intersections entre les différents triangles. Grâce à la manière dont ces pièces ont été pliées lors de la préfabrication, chaque type de connexion a pu être résolu avec la même pièce. Enfin, les pièces d'EPDM ont été appliquées sur place entre les différents profils de fenêtres, puis vulcanisées ensemble. La maquette n'était pas seulement nécessaire pour vérifier que la performance demandée peut être prouvée, mais elle permet également de vérifier combien d'ouvertures de drainage sont nécessaires, comment la façade bouge lors de tassements différentiels, et de comprendre comment la façade peut être manipulée dans la pratique avant l'installation.



Technische mockup wordt getest op regendichtheid



Visuele mockup

Teameffort

Les projets très complexes comme celui-ci montrent une fois de plus qu'une équipe pluridisciplinaire est nécessaire pour trouver des solutions. La complexité gigantesque n'a pu être abordée qu'en réduisant les questions étape par étape à un certain nombre de problèmes gérables, puis en les reconstruisant en un tout qui répondait à la question du client et de l'architecte concepteur. Ce n'est qu'au moyen d'une modélisation BIM avancée qu'il a été possible d'aboutir à un dossier de construction répondant aux exigences de l'architecte, mais aussi constructible, abordable, étanche à l'air et à l'eau, performant sur le plan acoustique, résistant au feu, stable, transportable, etc.

Matériaux de la façade:

- Élément de façade en aluminium
- Structure portante en acier
- Vitrage de sécurité en verre flotté feuilleté
- Panneaux de remplissage en verre émaillé
- Joint d'étanchéité entre les panneaux de façade en pièces EPDM préfabriquées

Uitvoorders gevel:

- Entrepreneur principal : Interbuild nv
- Plafonds extérieurs - revêtement : D&G Suncontrol
- Conception, production et installation de la façade : Groven + nv
- Joints résistants au feu : KBS Systems
- Installation de sprinklers : Somati
- Stores intérieurs : Verano
- Structure en acier : Victor Buyck Steel Construction
- Installation SHEV : Mourik Klimaattechnik

Photos de chantier





Photo après la réalisation

