



Dans un contexte de sécurité toujours accrue, la résistance au feu des structures constitue un défi permanent que l'ingénieur doit résoudre de manière efficace et ciblée. Comment protéger au mieux nos bâtiments contre l'incendie ? La question est souvent posée aux architectes ou aux bureaux d'études. Que font au juste les ingénieurs et sur quoi se concentrent-ils ?

## Face à l'incendie, le béton présente différents avantages

La vérification de la résistance au feu d'une structure est une discipline que le **bureau Greisch** pratique depuis de nombreuses années. Cette discipline a néanmoins connu un essor important ces dernières années par le biais de différents facteurs dont il sera fait état dans la suite de cet article.

### CONTEXTE

A l'entame de toute mission, l'auteur de projet évolue tout d'abord au sein d'un contexte législatif. En première ligne de ce contexte, se positionnent les normes de base et les arrêtés royaux qui fixent les recommandations minimales auxquelles l'ouvrage sollicité par l'incendie doit satisfaire. Il s'agit donc de la loi à laquelle nul ne peut déroger.

Il faut cependant admettre que ces textes législatifs sont fréquemment

sujets à interprétations. Les nombreux contacts pris avec les services de prévention incendie permettent alors de débattre ensemble et de se fixer une ligne de conduite qui ne doit plus être remise en question ultérieurement.

Au-delà de ce volet législatif, le second levier permettant d'aboutir à la « cartographie incendie » d'un projet, trouve sa source dans l'ensemble des considérations complémentaires émanant du maître d'ouvrage lui-même, de ses assureurs, du bureau de contrôle. Ce levier constitue probablement la principale difficulté dans le domaine de l'ingénierie de la sécurité incendie, les bonnes questions doivent être posées ! Quelle sera la future affectation d'un local ? Quelles sont les différentes possibilités du bâtiment ? Quels produits doivent y être conservés ?

# Beton biedt verschillende voordelen bij brand

Veiligheid is een steeds belangrijker factor bij het ontwerpen van gebouwen. Het is dan ook niet te verbazen dat het voor ingenieurs een permanente uitdaging betekent om brandwerendheid op een efficiënte en doelgerichte manier aan te pakken. Hoe kunnen we onze gebouwen maximaal beschermen tegen brand? Deze vraag krijgen architecten en studiebureaus vaak te horen. Wat doen ze precies en waarop spitsen ingenieurs zich toe?

Studiebureau Greisch is al jaren gespecialiseerd in controle van de brandwerendheid van structuren. De voorbije jaren heeft deze discipline steeds meer aan belang gewonnen en in dit artikel gaan we dieper in op de reden daarvan.

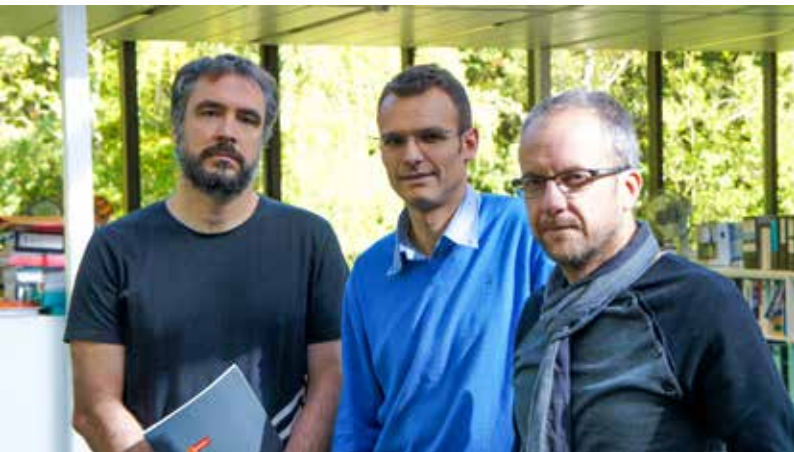
## CONTEXT

Aan het begin van elke opdracht beweegt de projectontwikkelaar zich in eerste instantie binnen een wetgevende context. Er bestaan namelijk basisnormen en Koninklijke Besluiten

die de minimale aanbevelingen bepalen waaraan een constructie bij brand moet voldoen. Dit is de wetgeving die iedereen moet naleven.

Toch moeten we toegeven dat deze wetgevende teksten vaak voor interpretatie vatbaar zijn. De vele contacten met de brandpreventiediensten maken het mogelijk om samen te discussiëren en een aanpak te bepalen die later niet meer ter discussie kan worden gesteld.

Naast dit wetgevende luik is er een tweede drijfveer die aanleiding geeft tot een 'brandkaart' van een gebouw: bijkomende overwegingen van de bouwheer



*V.l.n.r. Philippe Closset, Frédéric Gens en Luc Demortier van het studiebureau Greisch.*

*De g. à dr. Philippe Closset, Frédéric Gens et Luc Demortier du bureau d'études Greisch*

Le maître d'ouvrage n'a pas toujours la compétence spécifique requise pour pouvoir établir d'avance le schéma de la situation.

## DIMENSIONNEMENT

Une fois la « cartographie incendie » de l'ouvrage réalisée, le dimensionnement en bonne et due forme de ce dernier peut démarrer. Les Eurocodes notamment nous fournissent sur ce sujet de précieuses indications.

Au cours de ces dernières années, nous avons acquis une grande expérience dans le maniement des méthodes de calcul proposées par les normes. Du plus élémentaire via le recours aux valeurs tabulées, vers le plus élaboré via les méthodes avancées, les nombreux projets étudiés nous ont permis d'employer fréquemment ces différentes méthodes.

De nombreux outils sont à notre disposition pour étudier et modéliser les

structures soumises aux sollicitations liées à l'incendie. Nous pouvons ainsi citer le logiciel de calcul par éléments finis SAFIR développé dans les services du professeur Franssen à l'université de Liège. Ce logiciel permet de modéliser des sections quelconques et de calculer l'échauffement de ces sections soumises à un incendie quel que soit le matériau constitutif (voir par exemple Figure 1 et Figure 2). Dans un second temps, les structures tridimensionnelles constituées de ces sections quelconques peuvent être modélisées et la stabilité de la structure au cours du développement de l'incendie peut être analysée. Nos nombreux contacts avec les services du professeur Franssen et l'expérience acquise par notamment par Frédéric Gens lors de ses années passées comme ingénieur de recherches dans ces services, nous permettent de disposer de connaissances approfondies de ces méthodes de calcul.

zelf, of van zijn verzekeraars en keuringsinstantie. Die motivatie vormt waarschijnlijk de grootste moeilijkheid bij fire safety engineering. Het is met name heel belangrijk om de juiste vragen te stellen! Wat is de toekomstige bestemming van een ruimte? Wat zijn de verschillende mogelijkheden van het gebouw? Welke producten zullen

er worden bewaard? De bouwheer beschikt niet altijd over de vereiste specifieke vaardigheden om van tevoren het situatieschema op te stellen.

### BEPALING VAN DE AFMETINGEN

Zodra de 'brandkaart' van het gebouw klaar is, kunnen de afmetingen volgens de regels worden bepaald. De

eurocodes bieden op dit vlak zeer waardevolle informatie.

De voorbije jaren hebben we heel wat ervaring verworven met de berekeningsmethoden die in de normen worden voorgesteld. Van de meest elementaire werkwijze, met behulp van getableerde waarden, over meer uitgewerkte

FIG. 1

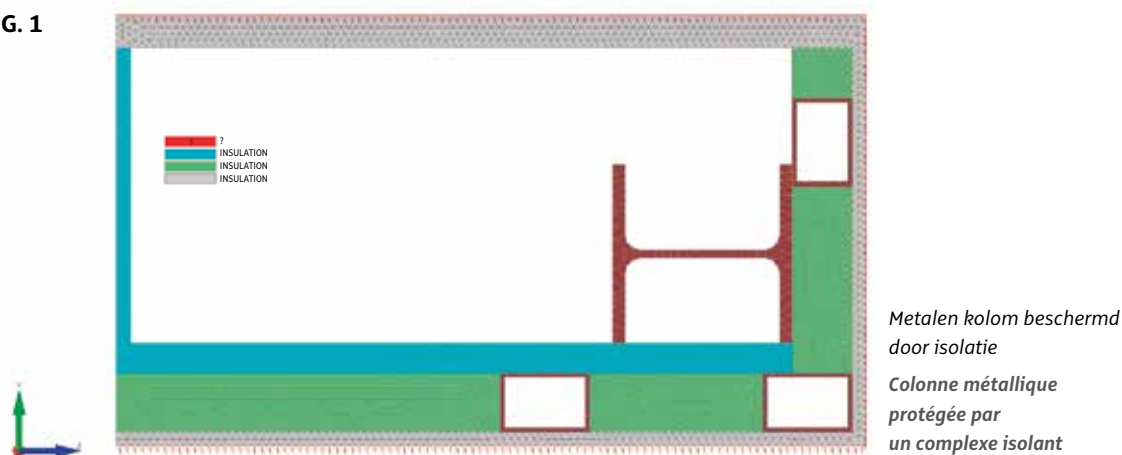
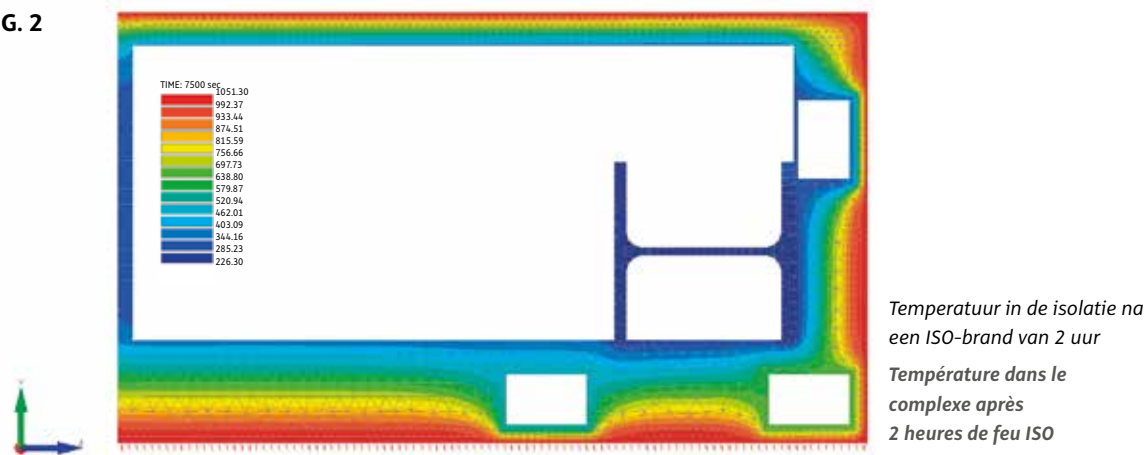


FIG. 2



### FIRE ENGINEERING

Fort de cette expérience, nous recommandons la prise en considération de la stabilité au feu des ouvrages dès l'entame de la conception de ces derniers. Trop souvent nous sommes confrontés à des situations où un ouvrage a été dimensionné pour résister aux sollicitations classiques à froid, puis la question

se pose de vérifier ce dernier sous l'incendie. A ce moment, il est trop tard pour intervenir sur la structure elle-même et il faut alors se tourner vers les protections passives. Réfléchir à la conception sous les sollicitations d'incendie dès le départ permet pourtant très souvent de minimiser, voire de supprimer ces protections passives des

structures. Il peut ainsi par exemple être plus économique de sur-dimensionner légèrement certaines parties de structures pour qu'elles fonctionnent toujours à chaud sans protection. Envisager un schéma statique différent lors de l'incendie et permettant une reprise des efforts sous cette sollicitation accidentelle est également une possibilité.



methodes tot de meest gedetailleerde. Dankzij tal van projecten hebben we al deze verschillende methoden al vaak kunnen toepassen.

We hebben verschillende hulpmiddelen om structuren, die onderhevig zijn aan belastingen ten gevolge van een brand, te onderzoeken en te modelleren. Zo is er bijvoorbeeld de SAFIR-software voor de berekening van de verhitte van constructieonderdelen, ontwikkeld door professor Franssen aan de universiteit van Luik. Met deze software kun je willekeurige secties modelleren en de verhitte van de secties berekenen, ongeacht het bouw materiaal (zie bijvoorbeeld Figuur 1 en Figuur 2). In een tweede fase kun je de driedimensionale

structuren die door deze willekeurige secties worden gevormd, modelleren en de stabiliteit van de structuur tijdens de ontwikkeling van de brand analyseren. Dankzij onze nauwe samenwerking met professor Franssen en de jarenlange ervaring van Frédéric Gens als onderzoek ingenieur is er een grote kennis van deze berekeningsmethoden.

#### **FIRE ENGINEERING**

Op basis van deze ervaring pleiten we ervoor om van bij het ontwerp rekening te houden met de brandstabiliteit van gebouwen. We worden te dikwijls geconfronteerd met een gebouw dat werd berekend op de klassieke koude belastingen en waarbij we daarna pas de vraag krijgen om de brandweerstand

te controleren. Het is op dat ogenblik te laat om de structuur zelf nog aan te passen. Bijgevolg moet er dan gewerkt worden met passieve bescherming. Door vanaf het ontwerp na te denken over de brandbelasting kan men deze passieve beschermingen heel vaak beperken of zelfs schrappen. Zo kan het bijvoorbeeld goedkoper zijn om bepaalde structurele elementen iets te overdimensioneren, zodat ze altijd zonder bescherming functioneren bij brand. Een andere optie is om bij brand een ander belastingschema te voorzien en de daarbij optredende accidentele belastingen op een ander manier op te vangen. ▶



► In bepaalde situaties zet onze ervaring ons ertoe aan om de brandbelastingen bij een echte brand te analyseren in plaats van bij een genormaliseerde brand. In talrijke toepassingen maakt deze methode het mogelijk om de bereikte temperaturen aanzienlijk te verlagen of om ten minste de duur van de blootstelling te beperken. Deze methoden vereisen een grondige

kennis van de verschillende verschijnselen, zowel bij de bepaling van brandscenario's als bij de bepaling van lichtere brandlasten. De bouwheer kan enkel een beroep doen op deze methoden als ze door de wetgever toegelaten zijn, zonet moet hij een afwijking aanvragen en kunnen rechtvaardigen dat zijn plannen gegrond zijn. Bij het definiëren van brandscenario's worden hypothesen

geformuleerd over de brandbelasting die daadwerkelijk aanwezig is in het compartiment. Deze hypothesen moeten duidelijk worden besproken met de bouwheer. Ze bepalen namelijk het gebruikskader van het gebouw als het in gebruik is. Bepaalde bouwheren willen niet noodzakelijk zo ver gaan in fire safety engineering, maar opteren eerder voor een algemene en uniforme



► Dans certain cas de figure, l'expérience accumulée nous pousse à analyser les sollicitations d'incendie sous feu réel et non sous le feu normalisé. Dans de nombreuses applications, cette méthode permet de réduire considérablement les températures atteintes ou à tout le moins de limiter la durée d'exposition. Il faut être très attentif au fait que ces méthodes requièrent un haut niveau de connaissance des phénomènes, que ce soit dans la définition des scénarii d'incendie, dans

la définition des échauffements, etc... Notons que le recours à ces méthodes, s'il est autorisé par la norme, oblige le maître d'ouvrage à demander une dérogation et donc à justifier le bien fondé de ses développements. Dans la définition des scénarii d'incendie, des hypothèses sont prises quant à la charge au feu réellement présente dans le compartiment. Ces hypothèses doivent être clairement discutées avec le maître de l'ouvrage. En effet, elles définissent le cadre d'utilisation de l'ouvrage au cours

de sa vie. Certains maîtres d'ouvrage ne souhaitent pas nécessairement aller aussi loin dans l'ingénierie de la sécurité incendie, mais optent plutôt pour une solution passe-partout et générale qui offre une flexibilité maximale au bâtiment. C'est fréquemment le cas pour les immeubles de bureaux, dont l'exploitation doit souvent être très souple et multifonctionnelle. Pour ce type d'approches, les solutions de structures en béton présentent de nombreux avantages.

oplossing die het gebouw een maximale flexibiliteit verleent. Dit is vaak het geval voor kantoorgebouwen, waarvan de exploitatie vaak heel soepel en multifunctioneel moet zijn. Voor dit soort aanpak bieden de oplossingen van betonstructuren talrijke voordelen.

### EVOLUTIES

De veiligheid met betrekking tot brandbelasting is de voorbije jaren sterk geëvolueerd. De normen zijn volop in ontwikkeling. Ingenieurs verwerven meer ervaring in de bestaande methoden en zorgen er zelf voor dat de normen evolueren. Tezelfdertijd worden ook de materialen voortdurend beter. Zeker beton, dat intrinsiek een goede brandweerstand heeft door zijn lage thermische geleidbaarheid, evolueert naar een steeds hogere weerstand, waardoor steeds slankere structuren mogelijk zijn. Hoge of ultrahogesterk-

tebeton is hiervan een zeer goed voorbeeld. De toenemende weerstand van beton geeft wel aanleiding tot bijkomende complexiteit. Ten eerste kunnen heel fijne barsten ontstaan door het gebruik van ultrafijne partikels, die de afvoer van de waterdamp verhinderen. Dit verschijnsel kan men voorkomen door met de samenstelling van het beton te spelen. Ten tweede veroorzaakt de omvang van de belastingen in het (koude) beton en de slankheid van de secties (beton met een hogere weerstand -> fijnere secties) een aanzienlijk verlies van de weerstand tegen hitte. Dit laatste verschijnsel leidt tot een meer technische fire-engineeringaanpak.

Dankzij deze evoluties kan fire engineering aanzienlijk vooruitgang boeken, maar is er ook meer expertise vereist om er op een intelligente manier mee om te gaan. ●

### **Dit artikel werd geschreven door specialisten van het studiebureau Greisch**

- *Frédéric Gens is al elf jaar aan de slag bij het studiebureau Greisch. Daarvoor werkte hij drie jaar aan de universiteit van Luik, waar hij zich specialiseerde in de berekening van structuren die worden onderworpen aan brand. Bij Greisch legt hij zich toe op de berekening van bruggen, maar geeft hij ook advies over de berekening van de brandweerstand van gebouwen.*
- *Ingenieur Philippe Closset werkt al zeventien jaar bij Greisch. Hij is aan de slag in de bouwsector, een sector die meer te maken krijgt met brandproblematiek. Zijn focus ligt op de stabiliteit van gebouwen.*
- *Luc Demortier is zaakvoerder van het studiebureau en werkt al meer dan 25 jaar voor Greisch.*

### EVOLUTIONS

Le domaine de la sécurité sous les sollicitations d'incendie a fortement évolué ces dernières années. Les normes sont en constante évolutions, les ingénieurs gagnent en expérience dans l'utilisation de ces méthodes et font eux-mêmes évolués les normes. Dans le même temps, les matériaux sont eux aussi en constante évolution. Citons notamment le béton qui possède intrinsèquement une bonne résistance au feu de par sa faible conductivité thermique, et qui possède des résistances de plus en plus élevées permettant de réaliser des structures de plus en plus élancées. Le béton à haute voire très haute performance est un exemple particulièrement parlant. L'augmentation de résistance du béton engendre certaines complexités supplémentaires.

Premièrement, l'apparition de phénomènes d'éclatement induits par l'usage de particules ultrafines qui empêchent l'évacuation de la vapeur d'eau. Ce phénomène peut être évité en jouant sur la composition du béton. Deuxièmement, l'importance des contraintes dans le béton (à froid) et l'amincissement des sections (béton plus résistant -> sections plus fines) engendre des pertes de résistance plus importantes à chaud. Ce dernier phénomène conduit à des approches du type « Fire Engineering » plus pointues.

Ces évolutions permettent de faire avancer grandement l'ingénierie incendie mais le niveau de compétence requis pour les manier intelligemment augmente également nécessitant une grande attention. ●

### **Cet article a été écrit par des spécialistes du bureau d'étude Greisch.**

- *Frédéric Gens travaille depuis onze ans au bureau d'études Greisch. Auparavant, il a travaillé trois ans à l'université de Liège, où il s'est spécialisé dans le calcul de structures soumises à l'incendie. Chez Greisch, il se consacre au calcul de ponts, mais donne également des conseils sur le calcul de la résistance au feu de bâtiments.*
- *Philippe Closset, ingénieur, travaille depuis dix-sept ans chez Greisch. Responsable de la cellule bâtiment, il opère dans un secteur davantage confronté à la problématique de l'incendie. Il s'intéresse essentiellement à la stabilité de bâtiments.*
- *Luc Demortier est administrateur du bureau d'études Greisch, il travaille depuis plus de 25 ans pour Greisch.*