

DOSSIER

Sécurité incendie : réponses et solutions de la construction métallique

À l'heure d'un intérêt croissant pour une approche plus réaliste et plus pragmatique du risque « incendie » dans les bâtiments, le CTICM poursuit ses efforts pour apporter des solutions concrètes et toujours plus efficaces aux professionnels, avec comme objectifs constants la maîtrise du risque incendie et la sécurité des personnes.





Dossier réalisé par :
Gisèle Bihina, chef de projet recherche incendie, CTICM
Christophe Thauvoye, chef du service recherche incendie, CTICM
Jean-Baptiste Tramoni, ingénieur de recherche, CTICM



En sécurité incendie, les pouvoirs publics ne cessent de faire évoluer les exigences réglementaires de telle sorte que le niveau de protection de la population soit préservé et amélioré tout en prenant en compte la transition écologique. Face à une réglementation évolutive, il est indispensable que la profession de la construction métallique dispose en temps réel de solutions constructives adaptées et optimisées pour bâtir des ouvrages métalliques sûrs et compétitifs. En vue de répondre à ce besoin concret, le CTICM, via ses divers travaux d'intérêt collectif tels que la R&D et la normalisation, mobilise des moyens significatifs permettant l'élaboration d'une gamme importante de documents normatifs et techniques (règles normatives, guides d'application, recommandations professionnelles ...) pour aider les constructeurs métalliques français à concevoir avec facilité et rapidité des ouvrages métalliques capables de satisfaire aux critères de sécurité imposés par la réglementation en vigueur.

Après un état des lieux sur les dernières évolutions réglementaires notamment pour les bâtiments d'habitation et les établissements recevant des travailleurs, nous nous pencherons plus en profondeur sur les parcs de stationnement largement ventilés. Les spécificités de ces bâtiments ouvrent la voie à l'utilisation de structures métalliques non protégées moyennant certaines précautions lors de la conception et du dimensionnement. Plusieurs guides ont été édités par le CTICM.

Ensuite, nous reviendrons sur les dernières recherches scientifiques menées sur la galvanisation en Europe et leurs conséquences pour la sécurité incendie. Enfin, vous trouverez une description sommaire des outils techniques mis au point par le CTICM visant à traiter le comportement au feu des ouvrages métalliques offrant une information utile concernant les éléments techniques sur lesquels la profession peut s'appuyer dans leur réalisation des ouvrages métalliques.

Évolution réglementaire et normative en sécurité incendie

La loi pour un État au service d'une société de confiance (Essoc)

Depuis les ouvertures réglementaires au début des années 2000, l'Ingénierie de Sécurité Incendie (ISI) s'applique de plus en plus largement dans le paysage de la construction métallique. Cette tendance de fond est amplifiée avec l'introduction du « droit souple » et par la volonté du gouvernement actuel de moderniser tous les secteurs de l'économie par exemple avec la future loi Essoc. Dans le cadre de cette loi, le permis de déroger est opérationnel depuis le 13 mars 2019. Les ministères de la Transition écologique et solidaire et de la Cohésion des territoires ont mis en ligne un guide d'application du dispositif, issu de la loi Essoc, qui permet de déroger à un certain nombre de règles de construction. Le document clarifie notamment les notions d'exigences de moyens et de résultats. Les thèmes pour lesquels il est possible de déroger sont multiples : la sécurité incendie (résistance au feu et désenfumage), l'aération, l'accessibilité du cadre bâti, la performance énergétique et environnementale, les caractéristiques acoustiques, la construction à proximité de forêt, la protection contre les insectes xylophages, la prévention du risque sismique et cyclonique, les matériaux et leur réemploi.

Son application suit le déroulement classique (proposition de scénarios d'incendie, étude et avis sur étude, rédaction d'un cahier des charges d'exploitation) des études d'ingénierie de la sécurité incendie avec les ajustements suivants :

- Une attestation d'effet équivalent doit valider la solution retenue dans l'étude. Cette attestation ne peut être délivrée que par un laboratoire agréé ou par un organisme reconnu compétent par le Ministère de l'Intérieur.

- Un contrôleur technique doit vérifier la bonne mise en œuvre de la solution d'effet équivalent, sur la base du dossier que lui aura remis l'organisme qui a délivré l'attestation.

Il est important de noter que l'ordonnance du 30 octobre 2018 et ses décrets ont un caractère transitoire visant à préparer les travaux de réécriture des règles de construction. Une seconde ordonnance doit donc paraître au plus tard le 10 février 2020, la rédaction des règles de construction sera orientée vers des objectifs généraux et des résultats minimaux à atteindre, et non plus en obligation de moyens.

La loi portant Évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (Elan)

La loi ELAN a introduit en 2018, la notion d'immeuble de moyenne hauteur (IMH) pour les immeubles d'habitation dont la hauteur est comprise entre 28 et 50 mètres (4ème famille). En effet, de fortes disparités existaient entre ce type de bâtiment et les autres (ERP, bureaux) situés dans la même gamme de hauteur : les premiers ne sont considérés comme Immeuble de Grande Hauteur (IGH) qu'à partir de 50 m contre 28 m pour les seconds. Ils répondent à plusieurs problématiques. Tout d'abord atteindre un objectif de simplicité réglementaire, en tenant compte de la philosophie du Gouvernement en la matière : fixer un objectif de résultats et non de moyens. Ensuite, ils visent à réduire les coûts de construction pour les immeubles de bureaux de cette catégorie. Enfin, ils apportent une réponse au rapport du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), publié en juin 2017 dans la foulée de l'incendie



de la tour Grenfell, à Londres. La loi Elan vient ainsi acter, par son article 10 et la création de ces IMH, le renforcement de la sécurité incendie, notamment pour la propagation d'incendie par les façades. Cela s'est récemment concrétisé par la publication d'un décret et de deux arrêtés en août 2019 précisant les solutions constructives acceptables en façade.

Révision des Eurocodes

Publié au cours des années 2000, le corpus des Eurocodes est actuellement en cours de révision. Des groupes de travail et des équipes de projet ont été constitués au niveau européen selon un programme qui s'étale sur plusieurs années. La révision de ces normes vise à améliorer la facilité d'utilisation et de réduire le nombre de renvois aux Annexes Nationales ou encore intégrer les dernières avancées.

Les nouvelles normes devraient être publiées d'ici à 2020 environ. Les parties « feu » de l'Eurocode 1 (base de calcul et actions sur les structures) et des Eurocode 3 (calcul des structures en acier) et 4 (calcul des structures mixtes acier-béton) sont concernées avec différents groupes de travail dédiés.

Plusieurs groupes de travail dédiés aux Eurocodes 1, 3 et 4 partie feu ont terminé leurs travaux liés à la phase 1. Le CTICM, pour la sécurité incendie, continue de travailler sur l'Eurocode 4 partie 1-2. L'objectif est de produire une version révisée incorporant tous les amendements et changements proposés lors des tâches précédentes. Cela comprend les recommandations du groupe horizontal feu en vue d'une meilleure harmonisation des parties feu des Eurocodes ainsi qu'une nouvelle annexe pour les poutres cellulaires et les poutres à talon / éléments précontraints.

Focus sur les parcs de stationnement largement ventilés

Si l'on devait choisir le type d'ouvrage en structure métallique qui a le plus bénéficié de la démarche d'ingénierie de la sécurité incendie (ISI), ce serait sans conteste le parc de stationnement largement ventilé (PSLV).

De l'étude d'ingénierie du désenfumage ...

Lorsqu'un incendie se produit dans un parc de stationnement fermé, les fumées émises par la combustion s'accumulent et la température monte progressivement jusqu'à atteindre un point critique. Ainsi, lorsque la température des gaz est assez importante, un phénomène d'embrasement généralisé se produit, caractérisé par l'inflammation de la globalité des voitures localisées dans le parking et conduisant des incendies extrêmement intenses. Les durées de résistance au feu demandées par la réglementation sont ainsi élevées.

Les parkings aériens, de par la présence de larges ouvertures, permettent aux fumées produites de s'écouler naturellement vers l'extérieur. L'accumulation de fumées étant rendue impossible, les températures rencontrées lors de ces incendies sont faibles et ne permettent pas d'observer d'embrasement généralisé. Ainsi, les PSLV sont réputés comme désenfumés naturellement et ne nécessitent pas de compartimentage comme cela est le cas pour les autres catégories de parc de stationnement couverts.

Les parcs de stationnement sont définis par l'arrêté PS du 9 mai 2006. Pour prétendre au classement largement ventilé, les conditions architecturales à remplir sont strictes :

- À chaque niveau, les surfaces d'ouverture dans les parois sont placées au moins dans deux façades opposées. Ces surfaces sont au moins égales à 50 % de la surface totale de ces façades. La hauteur prise en compte est la hauteur libre sous plafond ;

- La distance maximale entre les façades opposées et ouvertes à l'air libre est inférieure à 75 mètres ;
- À chaque niveau, les surfaces d'ouverture dans les parois correspondent au moins à 5 % de la surface de plancher d'un niveau.

Malgré ces libertés accordées par les exigences réglementaires, de nombreux parcs de stationnements n'entrent pas dans cette catégorie bien que leur capacité de désenfumage naturel puisse être considéré équivalent. C'est le cas, par exemple, de bâtiments présentant une grande hauteur sous-plafond ou ouverts sur plus de deux faces. L'ISI, et plus précisément la partie ingénierie du désenfumage, est alors une alternative afin de s'affranchir de ces limites. En effet, le désenfumage des parcs de stationnement peut être effectué de manière naturelle s'il est prouvé que celui-ci est efficace. En pratique, l'équipe en charge du projet doit s'adresser à un organisme reconnu compétent (ORC) pour réaliser l'étude du désenfumage. Ces organismes sont nommés par le Ministère de l'Intérieur après analyse de leurs compétences par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police.

Le CTICM a mené en 2015 une étude numérique qui a fait l'objet d'une publication dans *Revue construction métallique* (n° 2-2015) sur des configurations ne répondant pas stricto sensu à la définition réglementaire du PSLV mais présentant un caractère largement ventilé après étude. Cette analyse avait pour objet d'aider les concepteurs souhaitant sortir du cadre réglementaire à concevoir un parking qui serait reconnu largement ventilé en intégrant, dès le départ, des règles de bonnes pratiques constructives. Cela minimise le risque financier lié à des modifications en cours de projet suite aux conclusions de l'étude de désenfumage par l'ORC. Plusieurs recommandations architecturales ont été proposées pour différentes configurations. Celles-ci concernent principalement la taille des ouvertures, pouvant être équivalente à 5% de la surface au sol dans la majorité des cas, et la hauteur sous dalle. La hauteur sous plafond est apparue comme un paramètre primordial.



DOSSIER

L'étude du comportement au feu

Une fois le caractère largement ventilé du parking validé, la même réglementation (Article PS7 de l'arrêté du 9 mai 2006) explicite clairement l'autorisation du recours à une démarche d'ingénierie de la sécurité incendie (ISI) sous scénarios d'incendie réel pour justifier la résistance au feu de ce type d'ouvrages. Par conséquent, les trois performances fonctionnelles de résistance au feu, à savoir la résistance mécanique, l'étanchéité et l'isolation thermique, pourront être vérifiées à l'aide de la démarche ISI.

Pour réaliser l'étude d'ingénierie du comportement au feu, la démarche se base sur une analyse du comportement au feu de la structure sous incendie réel de véhicules à l'aide de méthodes de calcul avancées de type éléments finis. Pour bon nombre d'intervenants dans la construction des parcs à voitures, l'approche par ingénierie du comportement au feu pour justifier la résistance au feu demeure encore une méthodologie dont l'application pose certaines difficultés. Ces difficultés peuvent être levées grâce aux guides mis au point par le CTICM à la demande des fabricants de bacs acier. Dans ces guides, une description détaillée explique comment appliquer la méthodologie de l'Ingénierie du comportement au feu dans le cadre des parcs de stationnement largement ventilés et des règles de calcul simplifiées sont mises à disposition. Il a été conçu sur la base d'une étude d'ingénierie paramétrique de trames standard de PSLV sous des conditions de feu réel de véhicules et à partir des trois scénarios d'incendie génériques de référence, ce qui permet aux entreprises et bureaux d'étude de réaliser un pré-dimensionnement au feu rapide des structures mixtes pour des trames standard. Enfin, certaines recommandations relatives aux détails constructifs sont également données. Ces guides sont bien entendu disponibles sur simple demande au CTICM.

L'un de ces guides (guide d'ArcelorMittal) a fait l'objet d'une mise à jour en 2018 concernant la performance séparative des planchers des parcs de stationnement largement ventilés réalisés avec des dalles mixtes acier-béton. Cette mise à jour inclut les éléments justificatifs détaillés pour les épaisseurs minimales des dalles mixtes acier-béton avec deux types de bac acier commercialisés par ArcelorMittal permettant d'atteindre les performances séparatives visées.

Ainsi, deux solutions s'offrent aux concepteurs de PSLV :

- 1-Le dimensionnement et les dispositions constructives répondent aux guides susmentionnés, alors l'étude du comportement au feu ne nécessite pas de calculs et est largement à la portée du concepteur.
- 2-L'étude s'éloigne du guide : elle requiert alors une vérification avec les méthodes de calcul avancées type éléments finis. Dans ce cas, les concepteurs pourront s'adresser à des bureaux d'étude, tels que le CTICM, pour la réalisation de ces calculs.

Il est important de souligner que la procédure réglementaire impose d'une part qu'un avis soit rendu sur les scénarios d'incendie et d'autre part qu'un avis sur étude soit délivré par un Laboratoire agréé.

Remarque :

La mission PS menée sous la responsabilité de la DGSCGC (Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises) du

ministère de l'Intérieur a conduit à un renforcement des exigences relatives à la performance séparative pour les planchers des parcs de stationnement couverts à cause d'importants éclatements des éléments en béton armé observés lors de nombreux sinistres survenus dans les parcs de stationnement souterrains. Il est à rappeler que ce phénomène n'est jamais observé dans le cas des dalles mixtes acier-béton grâce à la présence du bac acier en sous-face de la dalle qui empêche le béton d'éclater. Ces exigences renforcées ont fait l'objet de l'arrêté du 19 décembre 2017 selon lequel les planchers des parcs de stationnement ayant plus de deux niveaux au-dessus du niveau de référence doivent assurer une performance séparative de REI120 (CF2 heures) qui fait référence au feu normalisé ISO-834.

Scénario d'incendie

Aussi bien les études de désenfumage que les études du comportement au feu reposent sur des scénarios d'incendie représentatifs des feux de véhicules. Pour les PSLV, depuis les essais réalisés à la fin des années 90 par un consortium impliquant le CTICM des courbes sont disponibles et couramment utilisées dans ces études. Elles ont fait l'objet d'un avis d'expert de la part de l'INERIS et sont utilisées dans les méthodes de calcul validées par le CECMI (Comité d'Étude et de Classification des Matériaux par rapport au danger d'Incendie – présidé par le ministère de l'intérieur), relatives aux feux de véhicules dans le cas des parcs de stationnement largement ventilés (actions thermiques).

D'une part, les débits calorifiques liés aux véhicules de type utilitaire résultent de l'extrapolation des résultats obtenus pour des véhicules testés. D'autre part, les courbes utilisées pour les véhicules de tourisme sont toujours basées sur les essais mentionnés précédemment. Une étude réalisée par Swift en 2012 a mis en évidence une augmentation régulière de l'utilisation de matières plastiques dans la fabrication de véhicules légers entre 1960 et 2010 mais des essais pratiqués en France par l'INERIS dans les années 2010 n'ont eux pas détectés de différences significatives sur le dégagement de chaleur. C'est dans le cadre de cette double problématique que le CTICM a lancé une campagne d'essais pour d'une part fournir des données réelles sur les véhicules utilitaires et confirmer la validité des courbes utilisées pour les véhicules de tourisme. Cette campagne d'essai dans laquelle sont impliqués de nombreux partenaires (ArcelorMittal, Gagnepark, le LCPP) avec l'appui de Renault pour la fourniture des véhicules se fera à l'automne 2019 sur le site de Saint Yan sous l'égide d'Efectis France.

Cette campagne d'essai vient en complément à la précédente campagne d'essai réalisée à Orly en 2016. La démocratisation des véhicules à motorisations alternatives (gaz de pétrole liquéfié, pile à combustible, gaz naturel de ville, électrique ...) a, ces dernières années, soulevé de nombreuses interrogations de la part des services de secours sur la pertinence des scénarios d'incendie actuels. La combustion de véhicules thermiques est actuellement bien connue. Cependant, la présence de nouveaux composants, comme les batteries ou réservoirs de gaz, apporte de nouvelles problématiques (explosion, libération de gaz inflammables, emballement thermique des batteries ...) vis-à-vis des stratégies d'interventions et de l'échauffement des structures. Bien que ces types de véhicules soient de plus

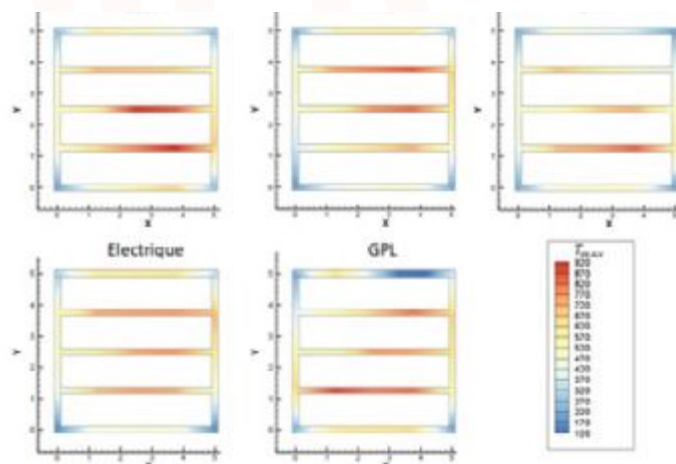


en plus présents sur le parc automobile mondial, l'étendu de nos connaissances sur leur combustion était restreinte. Quatre types de motorisations alternatives (GPL, pile à combustible, GNV et électrique) ont été étudiées. Un véhicule diesel a été ajouté pour chaque essai afin d'aggraver les conditions thermiques et d'augmenter la probabilité d'observer les phénomènes spécifiques liés à ces nouveaux types de véhicules. Les véhicules étaient placés sous une structure métallique instrumentée. Les températures mesurées ont été comparées à celles obtenues lors d'un test de référence réalisé sur deux véhicules diesel. Plusieurs résultats principaux sont ressortis de cette étude.



Les systèmes de sécurité anti-explosion des véhicules à gaz ont fonctionné correctement. Cela a entraîné une projection de gaz enflammés durant approximativement une minute. Bien que les éléments de structure aient été enveloppés par les flammes, la durée de cet événement est suffisamment courte pour avoir un effet limité sur l'échauffement de la structure. La rupture du réservoir de gazoil lors de l'essai de référence a montré un effet similaire. Les éléments de structure n'ont cependant pas été directement impactés par la combustion du carburant. En ce qui concerne l'essai impliquant un véhicule électrique, une charge importante de combustible a été ajoutée afin d'observer l'emballement thermique de la batterie et de quantifier son effet sur les températures de gaz et de structure. Malgré les conditions critiques auxquelles était soumise la batterie, aucun emballement thermique n'a pu être observé. L'effet de la motorisation ayant un impact direct limité sur la température de la structure, celle-ci, majoritairement influencée par la combustion du véhicule en lui-même, atteint des valeurs maximales proches pour l'ensemble des essais validant la pertinence des scénarios d'incendie actuels.

Les détails de la configuration des tests, de leur phénoménologie et de l'échauffement de la structure pour chaque essai ont fait l'objet de publications dans *Revue construction métallique* (n° 2-2019) et d'un congrès international (Interflam 2019).



Journée technique PSLV*

Le CTICM organise le jeudi 28 novembre au palais des congrès de Paris Saclay à Massy une journée technique consacrée aux PSLV. Cette journée abordera la meilleure manière de réaliser une étude d'ingénierie afin d'être efficace dès l'étape de conception du projet.

Le programme reprend les thèmes exposés dans ce dossier et les complète :

Programme :

- Accueil des participants
- Ouverture de la journée
- Le contexte réglementaire,
- Parking aérien largement ventilé et désenfumage
- Conception et justification du comportement au feu pour un PSLV standard en ossature métallique
- Concevoir et réaliser une étude de comportement au feu pour un PSLV atypique
- Points spécifiques des structures métalliques porteuses des PSLV
- Problématiques actuelles
- L'expérience du Concepteur - Constructeur
- Exemples de réalisation
- Question-réponse & clôture

*Pour télécharger le programme et s'inscrire rendez-vous sur cticm.com

De l'intérêt de la galvanisation à chaud en sécurité incendie

Généralement utilisée dans une optique anticorrosion, la galvanisation à chaud a récemment fait l'objet de différentes campagnes expérimentales menées sur des profilés métalliques en situation d'incendie. Suite aux résultats de ces différents essais, un amendement

a été apporté aux prochaines versions des parties feu des Eurocodes 3 (structures en acier) et 4 (structures mixtes acier-béton).

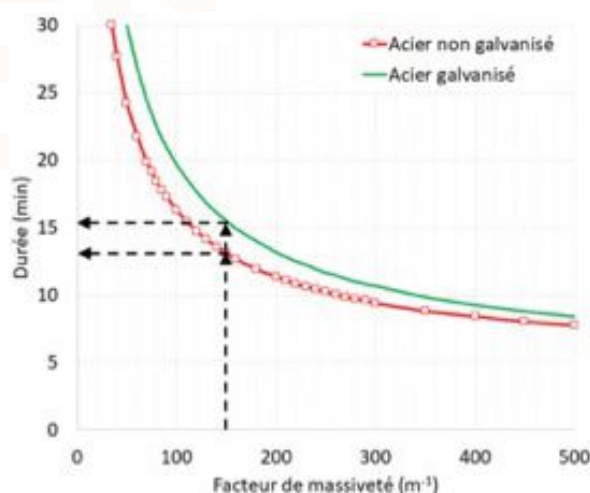
Cet amendement, relatif au calcul de l'échauffement d'un profilé en acier au carbone, propose de réduire de moitié l'émissivité de surface

du profilé en cas de galvanisation à chaud jusqu'à la fusion totale de la couche de zinc appliquée sur le profilé. En d'autres termes, l'émissivité de surface d'un profilé en acier au carbone galvanisé doit être égale à 0,35 pour un échauffement inférieur ou égal à 500 °C, et à 0,7 au-delà de cette température.

Cet amendement a ainsi pour but de traduire l'apport bénéfique de la galvanisation à chaud sur le comportement au feu d'un élément de structure métallique ou mixte acier-béton sans protection rapportée, apport d'autant plus important pour des sections peu massives et pour des degrés de résistance au feu inférieurs à une heure.

En pratique, l'application de cet amendement dans le cas d'une exigence de stabilité au feu R15 peut permettre d'éviter un surdimensionnement des éléments d'une structure métallique simplement grâce à la galvanisation à chaud. C'est le cas par exemple d'une poutre métallique de section courante dont la température critique est de 600 °C, et pour laquelle la galvanisation à chaud conduit à une augmentation de la durée de résistance au feu de 2 minutes, suffisante pour satisfaire le critère R15. Un autre exemple, relatif à un portique en profilés reconstitués soudés à inertie variable, montre que, pour satisfaire le critère R15, l'application d'une galvanisation à chaud conduit à un gain de 15% en masse d'acier par rapport à un simple surdimensionnement du portique sans galvanisation (cf. guide R15).

Cet amendement a donc été introduit dans la méthode R15, dédiée à la vérification de la résistance au feu des structures métalliques d'entrepôts à simple rez-de-chaussée pour une exigence de stabilité au feu d'un quart d'heure. Il sera par ailleurs prochainement introduit dans la partie « Calcul au feu » des logiciels A3C et ABC,



Durée de résistance au feu d'un profilé métallique pour une température critique de 600 °C

respectivement dédiés aux barres métalliques comprimées et fléchies et aux poutres en acier et mixtes acier-béton. Pour info, le guide R15 et les outils de calcul R15 et A3C sont en téléchargement libre sur cticm.com.

La prise en compte de cet amendement dans le cas de feux réels, notamment pour les parcs de stationnement largement ventilés, peut également permettre une optimisation des sections des éléments de structure métallique tout en satisfaisant les critères de vérification de la structure.

Outils

Le CTICM développe de nombreux outils afin d'aider les acteurs de la construction métallique à concevoir simplement et efficacement leurs projets.

Logiciel POTFIRE

Le logiciel POTFIRE permet d'évaluer rapidement le temps de stabilité au feu normalisé des poteaux mixtes en profil creux rempli de béton non protégés à section circulaire ou carrée. Il est basé sur les règles de calcul données dans l'annexe nationale française de la version EN de l'Eurocode 4 partie 1-2.

Le logiciel POTFIRE peut être librement téléchargé sur le site internet du CTICM.

Logiciel R15

Le logiciel R15 permet de vérifier rapidement si la structure d'un bâtiment en charpente métallique à simple rez-de-chaussée est stable au feu 15 minutes sans protection rapportée. Son domaine d'application couvre les différents composants habituellement rencontrés en charpente métallique, tels que les portiques constitués



de profilés standard laminés à chaud, les portiques en profilés reconstitués soudés, les portiques composés de poutres treillis et les pannes en profilés standard laminés à chaud ou en profilés minces formés à froid de type Sigma ou Zed.

Le logiciel R15 peut être librement téléchargé sur le site internet du CTICM.



Logiciel A3C

Le logiciel A3C permet de vérifier la résistance de barres comprimées et fléchies selon les règles des versions EN de l'Eurocode 3 et de l'Eurocode 4. Plus précisément, le logiciel couvre les barres en acier à section constante en I (ou H), les profilés laminés et les PRS doublement symétriques et les poteaux mixtes partiellement ou totalement enrobés de béton. Outre les calculs de vérification à froid, le logiciel permet également de vérifier la résistance au feu normalisé de ces éléments.

Différentes options de calcul au feu sont disponibles selon le type d'élément. Pour les barres en acier, le logiciel permet, entre autres, de calculer :

- La durée de résistance au feu sans protection au feu rapportée.
- La durée de résistance au feu avec une épaisseur donnée d'un matériau de protection.
- L'épaisseur de protection nécessaire pour un degré de résistance au feu donné.

Pour les poteaux mixtes, le logiciel permet de déterminer :

- La durée de résistance au feu en fonction des caractéristiques du poteau
- Les dimensions minimales nécessaires pour un degré de résistance au feu donné

Le logiciel A3C peut être librement téléchargé sur les sites internet du CTICM et d'ArcerlorMittal.

Logiciel ABC

Le logiciel ABC permet de vérifier la résistance des poutres acier, des poutres partiellement enrobées ou totalement enrobées de béton, des poutres mixtes (profilé acier connecté à une dalle pleine, une dalle mixte ou une prédalle) et des poutres intégrées (SFB, IFB type A and B) selon les règles des versions EN de l'Eurocode 3 et de l'Eurocode 4. Outre les calculs de vérification à froid, le logiciel permet également de vérifier la résistance au feu normalisé de ces éléments.

Le logiciel ABC peut être librement téléchargé sur le site internet d'ArcerlorMittal.

Logiciel ACB+

Le logiciel ACB+ permet de vérifier la résistance des poutres cellulaires et mixtes, (profilé acier connecté à une dalle pleine ou mixte ou une prédalle) selon les règles générales des versions EN de l'Eurocode 3 et de l'Eurocode 4. Outre les calculs de vérification à froid, le logiciel permet de vérifier la résistance au feu normalisé de ces éléments.

Le logiciel ACB+ peut être librement téléchargé sur le site internet d'ArcerlorMittal.

Logiciel MACS (méthode FRACOF)

Cet outil permet d'évaluer la capacité portante de planchers mixtes partiellement protégés en situation d'incendie par prise en compte des effets de membrane dans la dalle. Il s'applique aux bâtiments en ossature métallique avec un plancher mixte, dimensionnés et construits conformément aux exigences des Eurocodes.

Le logiciel MACS+ peut être librement téléchargé sur le site internet d'ArcerlorMittal.

