

Préambule

Pour assurer la tenue au feu d'une structure métallique lorsque le degré de résistance au feu est élevé, le premier réflexe d'un concepteur pourrait consister à prévoir une protection passive, de type coffrage, flocage, peinture intumescente, etc. Cette protection permet de ralentir significativement le niveau d'échauffement de la structure. Toutefois, suivant les critères architecturaux imposés, elle peut représenter un surcoût substantiel, amenant le concepteur à rechercher des solutions alternatives moins onéreuses.

Retour d'expérience : effet de membrane des planchers mixtes acier-béton

Dans les années 90, l'observation de certains bâtiments à ossature métallique et planchers mixtes acier-béton après incendies accidentels a mis en évidence l'absence de ruine des planchers mixtes malgré l'absence d'une protection incendie de la structure métallique. Par la suite, les essais au feu normalisé ou réel des planchers mixtes acier-béton ont confirmé ce comportement exceptionnel. Les études scientifiques ont révélé que ceci est dû à l'activation d'un effet de membrane de la dalle en situation d'incendie à l'aide de la nappe de treillis soudé, se traduisant par une redistribution des charges mécaniques.

En effet, en présence de gaz chauds en sous-face, une dalle mince portant dans deux directions orthogonales et appuyée verticalement sur son contour peut présenter des flèches plus ou moins importantes induites d'une part par un gradient thermique sur l'épaisseur de la dalle, et par l'altération de ses matériaux constitutifs d'autre part. Dans ce cas, il se forme un mécanisme d'auto-équilibre au sein de la dalle, la partie centrale étant soumise à des efforts de traction (repris par le ferrailage de la nappe de treillis soudé) équilibrés par un anneau de compression périphérique (repris par le béton). Les charges mécaniques du plancher mixte sont par ailleurs transférées des éléments non-protégés de structure métallique « excessivement affaiblis » (plus échauffés) vers les éléments plus résistants (moins échauffés).

Ainsi, tant que la résistance ultime des matériaux de la dalle n'est pas atteinte (pas de rupture du ferrailage ni d'écrasement du béton), et tant que les éléments de structure périphériques à la dalle assurent son maintien vertical, le plancher mixte ne présente aucun risque d'effondrement. Ce constat a conduit au concept FRACOF spécifique au dimensionnement au feu des planchers mixtes acier-béton.

Concept FRACOF (*Fire Resistance Assessment of partially protected COmposite Floors*)

Ce concept, découlant du projet de recherche européen éponyme, s'applique aux bâtiments à ossature métallique et dont les planchers sont constitués d'une dalle mixte avec bac acier collaborant, à laquelle sont connectées les poutrelles métalliques (poutres principales et solives). En s'appuyant sur les conditions d'activation de l'effet de membrane, il s'agit de :

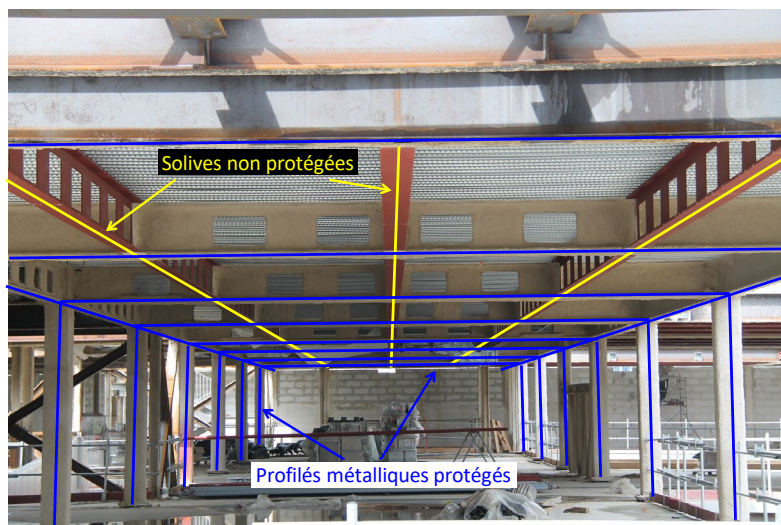
- Diviser la trame de la structure en différentes zones rectangulaires – si possible – délimitées par des poteaux ;
- Renforcer la dalle avec une nappe de treillis d'armature suffisamment résistant, sans la moindre barre dans les creux d'onde ;

- Laisser les solives à l'intérieur des différentes zones sans la moindre protection : seuls les éléments de structure périphériques de chaque zone doivent être protégés si besoin.

Dans le cas de parcs de stationnement aériens largement ventilés (PSLV), la protection de toutes les poutres principales et solives s'avère même totalement inutile, et seule la stabilité au feu des poteaux doit être assurée à l'aide de béton d'enrobage (profils en H ou en I) ou de remplissage (profils tubulaires).

Suivant le concept FRACOF, la vérification au feu d'un plancher mixte acier-béton peut être réalisée de la façon suivante :

- Dans le cas de configurations « simples » (trames rectangulaires, poteaux alignés, solives portant dans la même direction, trémies de faibles dimensions, etc.), à l'aide du guide dédié aux PSLV ou de la méthode de calcul simplifiée FRACOF. Cette méthode de calcul a fait l'objet de nombreuses publications, dont :
 - o Un document de justification, présentant l'historique de la méthode, et disponible gratuitement en format PDF sur le site <https://www.cticm.com>,
 - o Un guide d'application, présentant la méthode de calcul, les critères et les dispositions constructives à respecter, également disponible en format PDF sur le même site,
 - o Un logiciel de dimensionnement nommé MACS+ (*Membrane Action in fire design of Composite Slab with solid and cellular steel beams*), disponible gratuitement sur le site <https://sections.arcelormittal.com>;
- Dans le cas de configurations plus complexes, à l'aide d'un modèle de calcul avancé, de type éléments finis par exemple.



Exemple d'un plancher mixte acier-béton d'un bâtiment de bureau conçu selon le concept FRACOF