



Logiciel de vérification par calcul de la résistance  
au feu des structures en béton

Ménad CHENAF

# La réponse de CIM'feu- EC2 aux enjeux

La collaboration CIMbéton – CSTB date d'une dizaine d'années, lorsqu'il s'est agi de développer la toute première version de CIM'feu (en 2000).

Depuis, de nombreux projets communs ont été menés.

La norme NF P92-701 en vigueur ( reprenant intégralement le contenu du DTU Feu-béton ) propose trois approches au choix :

- Une approche analytique (applications des lois de Fourier)
- Une approche simplifiée (« règles simples ») affranchissant du calcul des températures
- Une approche numérique (programme FORTRAN calé sur des résultats d'essais).

La méthode la plus utilisée sur le terrain en bâtiment est l'approche **simplifiée** (avec les inconvénients qu'elle comporte en matière de surdimensionnement).

- L'approche **numérique** : quelquefois utilisée
- L'approche **analytique** : très rarement utilisée

Le logiciel CIM'feu-DTU (dernière version finalisée en juillet 2005) avait, dès sa première version proposé la méthode analytique du DTU, en calibrant les paramètres de calcul spécifiques au béton (vaporisation, conductivité, etc.). Il avait également (version 1) proposé l'approche ENV1992-1-2 + DAN français).

Comme tout logiciel de calcul :

- Meilleure **précision** des calculs
- **Rapidité** de traitement
- Risque d'**erreur** de calcul **limité**

## Les méthodes de vérification de l'EC2-1-2

3 possibilités de justifier :

- Les **valeurs tabulées** : valables pour l'incendie ISO
  - Les **méthodes simplifiées**
    - Méthode de l'isotherme 500 °
    - Méthode des zones concentriques
- } **Incendie ISO**
- La **méthode générale** → valable pour tout modèle d'échauffement

## Les valeurs tabulées:

On détermine le rapport des effets d'actions à chaud et à froid ( $\eta_{fi}$ ) :

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} = E_{fi,d} / E_d \text{ (selon AN de l'EC0, } \psi_{fi} = \psi_1 \text{)}$$

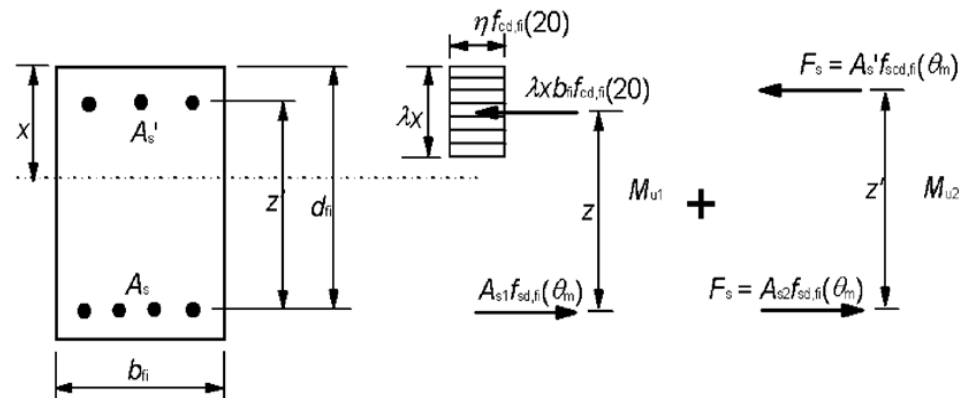
On lit ensuite dans un tableau, en fonction de la durée R et de  $\eta_{fi}$  :

- Les **dimensions minimales** à donner à l'élément
- Les **enrobages minimaux** à prévoir

Cette méthode peut s'appliquer aux poteaux, aux murs, aux poutres et aux dalles portant dans un ou deux sens

### La méthode de l'isotherme à 500°

1. On calcule les températures en tout point de la section.
2. On réduit la section en supprimant les parties où la température dépasse 500°C (*dans ce cas, on n'utilise pas le coefficient d'affaiblissement  $k$  du béton, dans les calculs*).
3. On calcule la températures des armatures en fonction de leur position.
4. On réduit la section des armatures selon la température atteinte.
5. On justifie la section réduite :



### La méthode par zones

Cette méthode consiste à diviser la section droite en plusieurs zones à l'intérieur desquelles on évalue un affaiblissement moyen. Cela conduit à une section réduite de manière plus précise que selon la méthode de l'isotherme (*dans ce cas, on utilise le coefficient d'affaiblissement  $k$  du béton*)

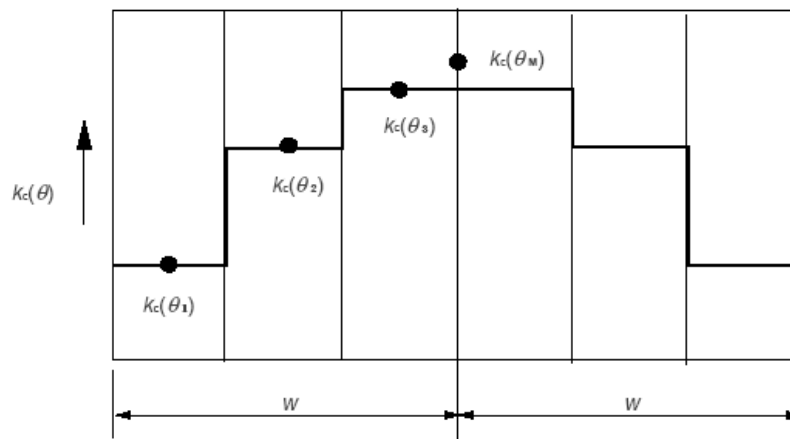


Figure B.4 – Division d'un mur exposé des deux côtés en zones pour le calcul de la réduction de la résistance



EN1992-1-2, clause 4.3.1 (4) : « Les méthodes de calcul avancées peuvent être utilisées en association avec n'importe quelle courbe de montée en température pour autant que les propriétés des matériaux soient connues pour la gamme de températures et la vitesse d'échauffement considérées »

Cela implique le recours à l'essai.

Il s'agit d'une méthode consistant à effectuer une analyse complète des phénomènes physiques se produisant durant l'incendie.

CIM'feu EC2 adopte l'approche de type générale appliquée élément par élément, avec prise en compte des évolutions des propriétés des matériaux (connues par essais, proposées par l'EC2-1-2).

- Les affaiblissements des matériaux sont calculés dans chaque maille, en fonction de la température atteinte
- Les caractéristiques thermophysiques du béton sont celles données par l'Annexe Nationale France de l'EC2-1-2.

Les objectifs que l'on s'est imposés :

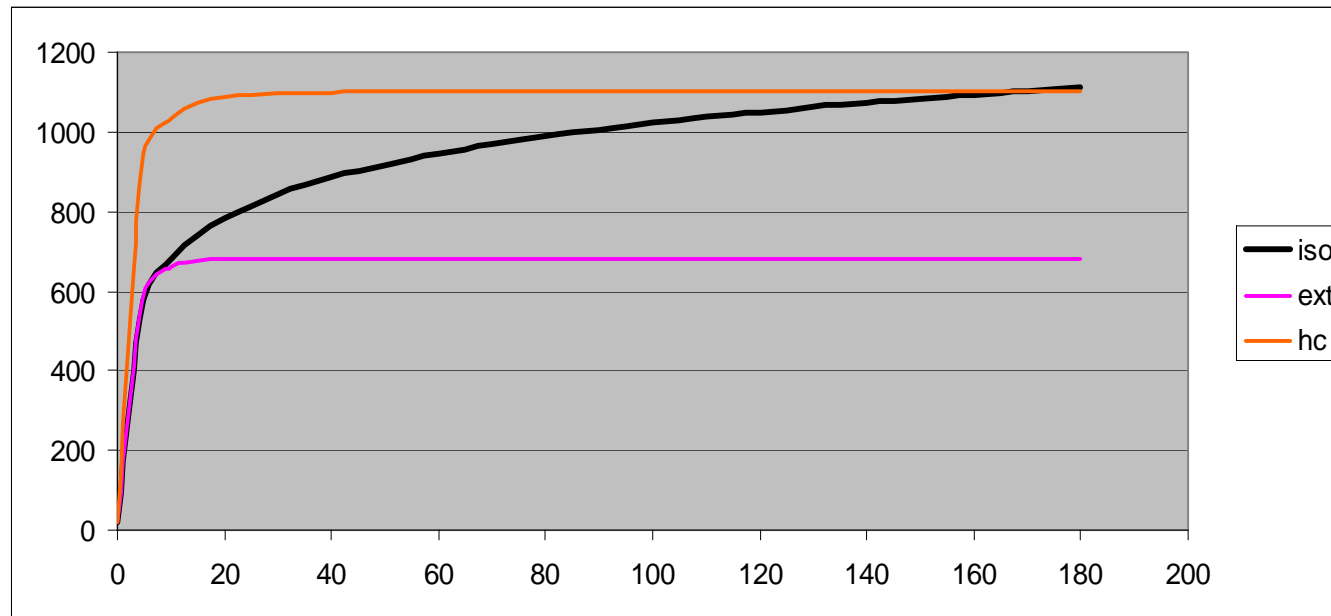
- Faire en sorte que les données soit introduites comme pour un **calcul manuel**,
- **Elargir le champ de traitement** par rapport aux méthodes présentées dans l'EN1992-1-2, tout en restant dans les cas « courants » du bâtiment,
- Faire en sorte que les **sorties** soient **simples** et **directement exploitables**,
- Veiller à ce que les **temps de calculs** soient compatibles avec les pratiques **BET**.

### CIM'feu EC2 traite...

- Les **poutres** rectangulaires, en I, en T, en béton armé et en béton précontraint, exposées sur trois ou quatre faces,
- Les **poteaux** rectangulaires et circulaires, en compression simple et en flexion composée, exposées sur toute leur périphérie,
- Les **dalles** sur deux ou quatre appuis, simples ou continues, exposées en sous-face,
- Les **murs** exposées sur une ou deux faces.

CIM'feu EC2 utilise, au choix de l'utilisateur, l'un des trois modèles d'échauffement donnés par l'EC1-1-2 :

- La courbe d'échauffement **ISO**
- La courbe **HC**
- La courbe **feu extérieur**



- CIM'feu EC2 a limité le temps de calcul à l'ordre de la minute, quel que soit le problème traité (adaptation des incréments de temps pour le calcul).
- La saisie des données est faite sur une feuille d'appel, avec interface intuitive et aide contextuelle. La visualisation graphique des entrées permet de contrôler les données du problème traité.
- Les sorties donnent les valeurs significatives pour le dimensionnement ainsi que les températures atteintes au temps souhaité (pour vérification).
- Les champs de température peuvent être visualisés graphiquement.

CIM'feu EC2 a été **entièrement développé au CSTB** :

- Algorithmes (thermique et mécanique) établis sur la base de l'EN1992-1-2 et de son A.N.,
- Développement des lignes de code,
- Tests et déploiements
- Le projet disposait d'un **Comité de Pilotage** (BET, BC, Entr., Consultants...) permettant de franchir les points d'arbitrage et de préciser les choix à opérer.

## CIM'feu EC2...

- Constitue un outil **pratique** et **rapide** pour le calcul au feu des structures en béton,
- Permet une application **clarifiée** d'approches **relativement complexes** prévues par l'EN1992-1-2 et son Annexe Nationale,
- Limite les risques de **mauvaise interprétation** des règles de dimensionnement,

et

Optimise l'utilisation de la matière...