
**Ingénierie de la sécurité incendie —
Performance des structures en
situation d'incendie —**

**Partie 6:
Exemple d'un immeuble de bureaux
de huit étages en béton**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Fire safety engineering — Performance of structures in fire —
Part 6: Example of an eight-storey office concrete building*

ISO/TR 24679-6:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 24679-6:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	1
3.1 Termes et définitions.....	1
3.2 Symboles.....	2
4 Stratégie de conception pour la sécurité incendie de la structure	3
4.1 Processus de conception général pour la sécurité incendie de la structure.....	3
4.2 Recommandations relatives au processus de conception pratique pour la sécurité incendie de la structure.....	3
5 Qualification de la performance de la structure en situation d'incendie	3
5.1 ÉTAPE 1: portée du projet de sécurité incendie de la structure.....	3
5.1.1 Caractéristiques de l'environnement bâti.....	3
5.1.2 Charges calorifiques.....	7
5.1.3 Actions mécaniques.....	7
5.2 ÉTAPE 2: identification des objectifs, des exigences fonctionnelles et des critères de performance pour la sécurité incendie de la structure.....	9
5.3 ÉTAPE 3: projet de solution de conception pour la sécurité incendie de la structure.....	11
5.4 ÉTAPE 4: scénarios d'incendie de dimensionnement et feux de dimensionnement.....	11
5.4.1 Généralités.....	11
5.4.2 Scénarios d'incendie de dimensionnement.....	11
5.4.3 Feux de dimensionnement.....	12
5.5 ÉTAPE 5: réponse thermique de la structure.....	18
5.5.1 Généralités.....	18
5.5.2 Analyse thermique de la dalle.....	19
5.5.3 Analyse thermique de la poutre.....	20
5.5.4 Analyse thermique du poteau.....	22
5.6 ÉTAPE 6: réponse mécanique de la structure.....	22
5.6.1 Modèle structural.....	22
5.6.2 Hypothèses de l'analyse.....	23
5.6.3 Comportement structural du bâtiment.....	25
5.7 ÉTAPE 7: évaluation des objectifs de sécurité incendie.....	35
5.8 ÉTAPE 8: documentation de conception pour la sécurité incendie des structures.....	35
5.9 ÉTAPE 9: facteurs et influences à prendre en compte dans le processus de quantification.....	36
5.9.1 Propriétés des matériaux.....	36
Annexe A (informative) Transfert thermique de calcul	41
Annexe B (informative) Résultats des analyses thermiques et mécaniques	42
Annexe C (informative) Résultats de l'analyse de sensibilité OAT pour l'incertitude des propriétés des matériaux	47
Bibliographie	51

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

(standards.iteh.ai)

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 4, *Ingénierie de la sécurité incendie*.

Introduction

Le travail décrit dans le présent document est un exemple d'application de l'ISO 24679-1. La procédure présentée dans le présent document est destinée à suivre les principes décrits dans l'ISO 24679-1. Les sections de l'ISO 24679-1 considérées comme pertinentes pour le présent exemple sont identifiées; par conséquent, les titres des sections sont identiques et apparaissent dans le même ordre.

L'objectif de cette étude est de faire une démonstration de l'application des étapes décrites dans l'ISO 24679-1 pour l'ingénierie de la sécurité incendie et la performance des structures en situation d'incendie en conformité avec les normes correspondantes de France. Les sections correspondantes du présent exemple sont appliquées et discutées en tant que telles.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 24679-6:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 24679-6:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017>

Ingénierie de la sécurité incendie — Performance des structures en situation d'incendie —

Partie 6:

Exemple d'un immeuble de bureaux de huit étages en béton

1 Domaine d'application

Le présent document donne un exemple de conception d'ingénierie de la sécurité incendie dans l'application de l'ISO 24679-1 à un immeuble de bureaux.

Dans le présent document, une analyse structurale globale d'un immeuble est mise en œuvre. Celle-ci consiste en une évaluation numérique de la performance structurale d'un immeuble de huit étages en béton exposé à un incendie. Cette analyse est réalisée dans le but de démontrer que les objectifs de sécurité incendie, pour les scénarios d'incendie de dimensionnement correspondants, sont atteints avec le projet de solution de conception de la sécurité de la structure grâce au comportement structural du bâtiment en cas d'incendie. À cet égard, un feu pleinement développé a été étudié.

L'objectif du présent document est d'évaluer les performances en cas d'incendie d'un immeuble de bureaux entièrement accessible au public en s'appuyant sur l'ISO 24679-1. Dans ce contexte, un feu de dimensionnement enveloppe a été identifié et analysé à l'aide d'une modélisation de feu détaillée. Une analyse plus détaillée a ensuite été réalisée pour le feu de dimensionnement enveloppe à l'aide des modèles par éléments finis. Le modèle avancé a fourni l'ensemble des informations exhaustives nécessaires à l'analyse de l'environnement bâti donné concernant la sécurité incendie.

Il est à noter que le présent document traite uniquement des objectifs de sécurité incendie liés à la performance structurale au cours de l'incendie. L'analyse décrite dans le présent document n'est donc qu'une partie de la stratégie globale de la sécurité incendie du bâtiment.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 24679-1:—,¹⁾ *Ingénierie de la sécurité incendie — Performances des structures en situation d'incendie — Partie 1: Généralités*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 24679-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>;

1) En cours de préparation. Stade au moment de la publication: ISO/DIS 24679-1:2017.

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>.

3.2 Symboles

A_f	aire de la surface de plancher
A_t	aire totale de l'enceinte (murs, plafond et plancher, incluant les ouvertures) (m ²)
A_v	aire totale des ouvertures verticales dans tous les murs (m ²)
D	diamètre de la source d'incendie (m)
EC	Eurocode
O	coefficient d'ouverture du compartiment feu (m ^{1/2})
O_{lim}	coefficient d'ouverture réduit en cas de feu contrôlé par le combustible (m ^{1/2})
RMT	température maximale de la barre d'armature (°C)
T_g	température des gaz (°C)
T_0	température ambiante (°C)
$V_{Ed,fi}$	valeur de dimensionnement de la charge de cisaillement induite par le feu
$V_{Rd,fi}$	valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement en cas d'incendie
b	inertie thermique pour l'enceinte totale (J/m ² ·s ^{1/2} ·K)
c	chaleur spécifique (J/kg·K)
dx	taille du maillage (m)
h_c	coefficient de convection du côté exposé (W/m ² ·K)
h_b	coefficient de convection du côté non exposé (W/m ² ·K)
h_{eq}	moyenne pondérée des hauteurs de fenêtre sur tous les murs
k	conductivité thermique (W/m·K)
m	coefficient de combustion
$q_{f,d}$	densité de charge calorifique de calcul relative à la surface de plancher A_f (MJ/m ²)
$q_{f,k}$	densité de charge calorifique caractéristique relative à la surface A_f (MJ/m ²)
$q_{t,d}$	densité de charge calorifique de calcul relative à la surface A_t (MJ/m ²)
t_{lim}	temps nécessaire pour atteindre la température des gaz en cas de feu contrôlé par le combustible (h)
t_{max}	temps nécessaire pour atteindre la température maximale des gaz (h)
t_{RMT}	temps nécessaire pour atteindre la température maximale de la barre d'armature (min)
Γ	facteur temps fonction du coefficient d'ouverture O et de l'absorptivité thermique b
Γ_{lim}	facteur temps fonction du coefficient d'ouverture O_{lim} et de l'absorptivité thermique b

ε	émissivité de surface de l'élément
ρ	densité (kg/m ³)
δ_{q1}	risque d'activation du feu en raison de la taille du compartiment égal à 1 dans le présent exemple
δ_{q2}	risque d'activation du feu en raison du type d'occupation égal à 1 dans le présent exemple
δ_n	facteur tenant compte de différentes mesures actives de lutte contre l'incendie égal à 1 dans le présent exemple

4 Stratégie de conception pour la sécurité incendie de la structure

4.1 Processus de conception général pour la sécurité incendie de la structure

Le présent exemple étudie l'évaluation de la résistance au feu d'un immeuble de bureaux en s'appuyant sur l'ISO 24679-1. Selon les retours d'expériences d'incendies réels dans des bureaux en espace ouvert, un incendie généralisé est possible.

Des scénarios d'incendie de dimensionnement potentiels dans l'environnement bâti ont été étudiés. Des courbes température/temps ont été générées et des analyses ont été réalisées pour identifier les scénarios plausiblement les plus défavorables^{[1][2]}.

Afin de fournir une détermination plus détaillée et plus large du scénario d'incendie à utiliser pour l'analyse structurale détaillée, le scénario d'incendie de dimensionnement critique a été étudié à l'aide d'une modélisation de feu avancée et un feu de dimensionnement a été établi.

Le comportement structural complet a été étudié à l'aide d'une modélisation structurale avancée du scénario le plus défavorable.

Les facteurs et influences dans le processus de quantification et l'incertitude des propriétés des matériaux ont également été étudiés. À cet effet, une analyse plus détaillée a été réalisée au moyen d'analyses de sensibilité, dans lesquelles l'approche «OAT» (un facteur à la fois, de l'anglais «one-factor-at-a-time») a été utilisée, en modifiant uniquement une variable d'entrée dans le scénario d'incendie de base.^[3] Dans ce contexte, une série de variables d'entrée utilisées pour générer les modèles de feu pleinement développé et de transfert thermique a été examinée en s'appuyant sur une étude de la littérature existante.

4.2 Recommandations relatives au processus de conception pratique pour la sécurité incendie de la structure

Le Tableau 1 de l'ISO 24679-1:— illustre différentes étapes et divers paramètres à prendre en compte lors de l'évaluation du comportement de la structure exposée au feu. Les détails des étapes correspondantes du présent exemple sont présentés dans les articles suivants.

5 Qualification de la performance de la structure en situation d'incendie

5.1 ÉTAPE 1: portée du projet de sécurité incendie de la structure

5.1.1 Caractéristiques de l'environnement bâti

Le bâtiment étudié est un immeuble de bureaux en espace ouvert sans cloisonnements verticaux intérieurs, avec une façade vitrée tout autour du périmètre. Il présente une surface de plancher d'environ 420 m² et une superficie brute totale de 3 360 m². Le bâtiment est divisé en deux sous-sols, un rez-de-chaussée et cinq étages au-dessus du sol qui sont ouverts au public. Il mesure 30,25 m de long sur 14,25 m de large et 25 m de haut. Le rez-de-chaussée a une hauteur de 4 m, tandis que les étages

supérieurs ont une hauteur de 3 m. Les ascenseurs et les cages d'escaliers sont placés dans le noyau central.

La longueur est divisée en cinq travées structurales et la largeur en deux travées. Chaque travée mesure 6 m par 7,125 m, comme indiqué à la Figure 1. La structure du bâtiment est composée de poutres en béton armé continu et de poteaux qui supportent les dalles de plancher en béton de 180 mm d'épaisseur; les murs extérieurs ont une épaisseur de 200 mm; les poteaux ont une section de 500 mm par 500 mm et les poutres mesurent 400 mm de hauteur sur 250 mm de largeur.

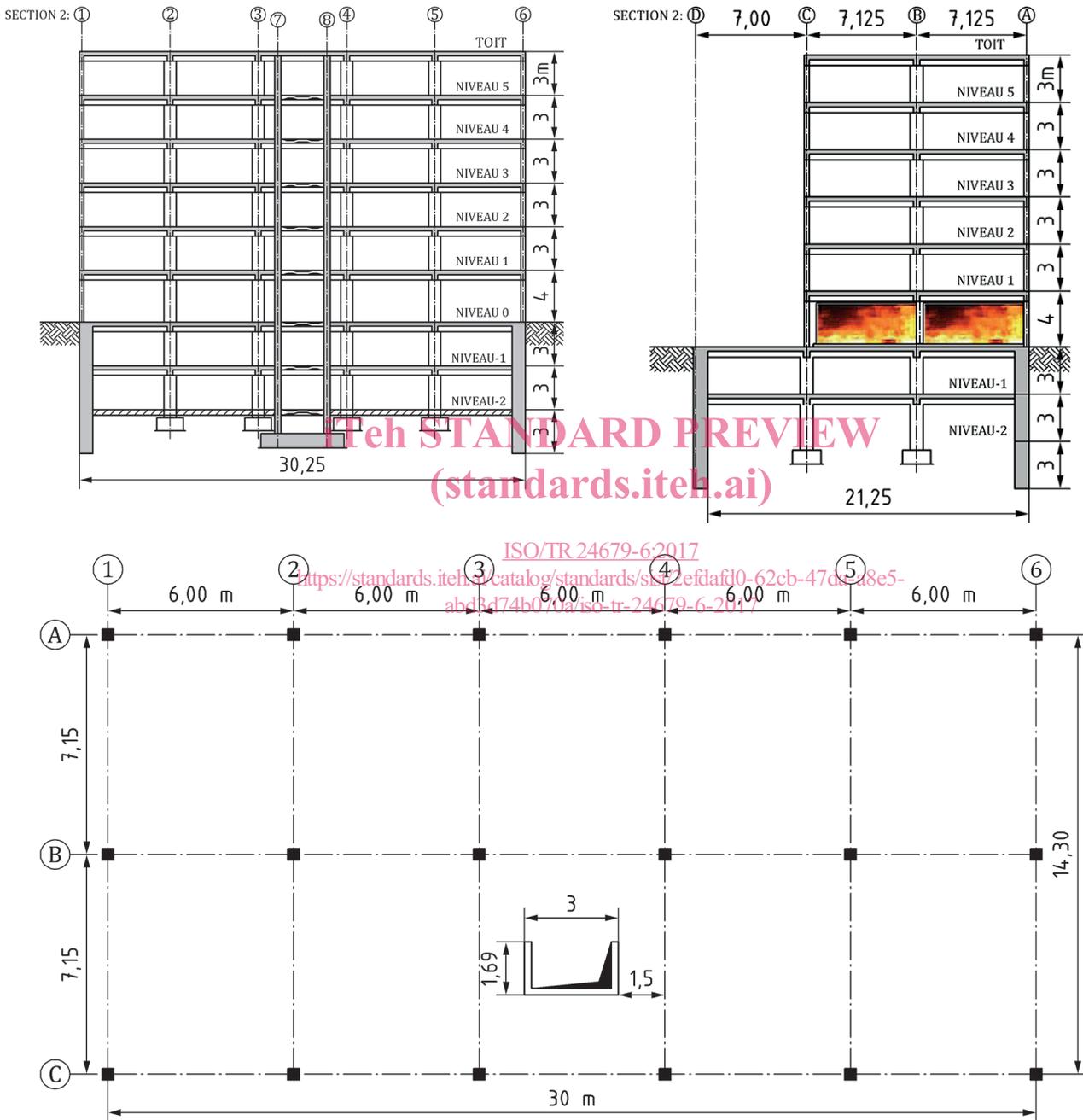


Figure 1 — Plan et élévation de la structure, dimensions en mètres

La structure inclut trois types d'éléments structuraux: des poteaux, des poutres et des dalles en béton armé. La section transversale du poteau est égale à 0,25 m² et est représentée à la Figure 2. Pour le

premier étage, la hauteur du poteau est égale à 4 m, tandis que la hauteur de poteau des étages supérieurs est de 3 m. Les matériaux sont:

— béton: C30/37;

NOTE 30 et 37 sont les résistances caractéristiques à la compression sur cube et sur cylindre, respectivement, en Mpa.

— acier: laminé à chaud, qualité 500 classe B.

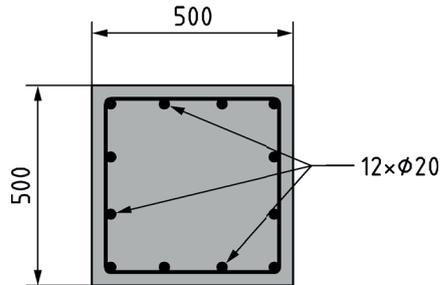


Figure 2 — Section transversale de poteau

L'armature du poteau et la distance axiale sont présentées dans le [Tableau 1](#).

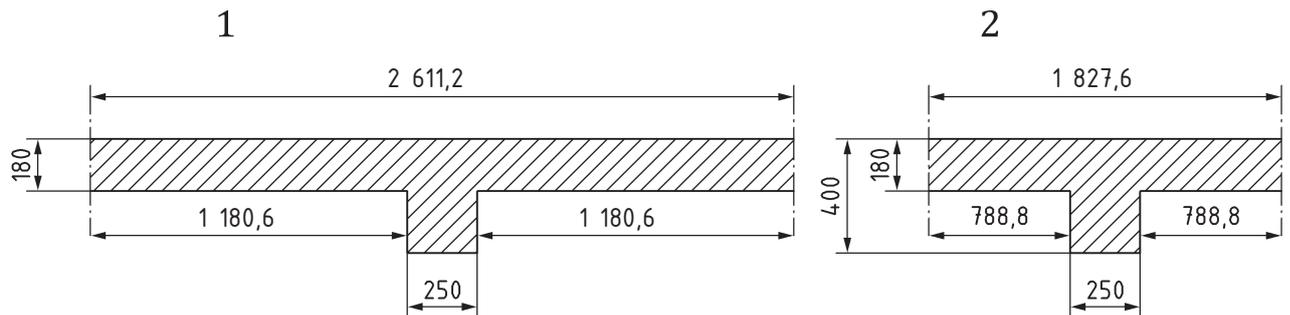
Tableau 1 — Armatures de poteau et distance axiale des armatures

Poteau	Ø	Distance axiale
Armature longitudinale	12 Ø 20	52 mm
Étriers	Ø12/200 mm	36 mm

Les sections transversales des poutres sont illustrées à la [Figure 3](#). Les matériaux sont comme suit:

— béton: C25/30;

— acier: laminé à chaud, qualité 500 classe B.



Légende

- 1 cross-section at mid-span
- 2 cross section at intermediate support

Figure 3 — Section transversale de la poutre continue

L'armature et les distances axiales dans les poutres sont présentées dans le [Tableau 2](#).

Tableau 2 — Armature et distance axiale dans les poutres

Poutre	Support périphérique	Mi-portée	Support intermédiaire	Distance axiale
Supérieure	7 Ø12	2 Ø10	9 Ø12	42 mm
Inférieure	3 Ø16	3 Ø16	3 Ø16	44 mm
Étriers	Ø8/175 mm	Ø8/175 mm	Ø8/175 mm	34 mm

La dalle fait 180 mm d'épaisseur et l'armature est présentée à la Figure 4 et le Tableau 3. Les matériaux sont comme suit:

- béton: C25/30;
- acier: laminé à chaud, qualité 500 classe B.

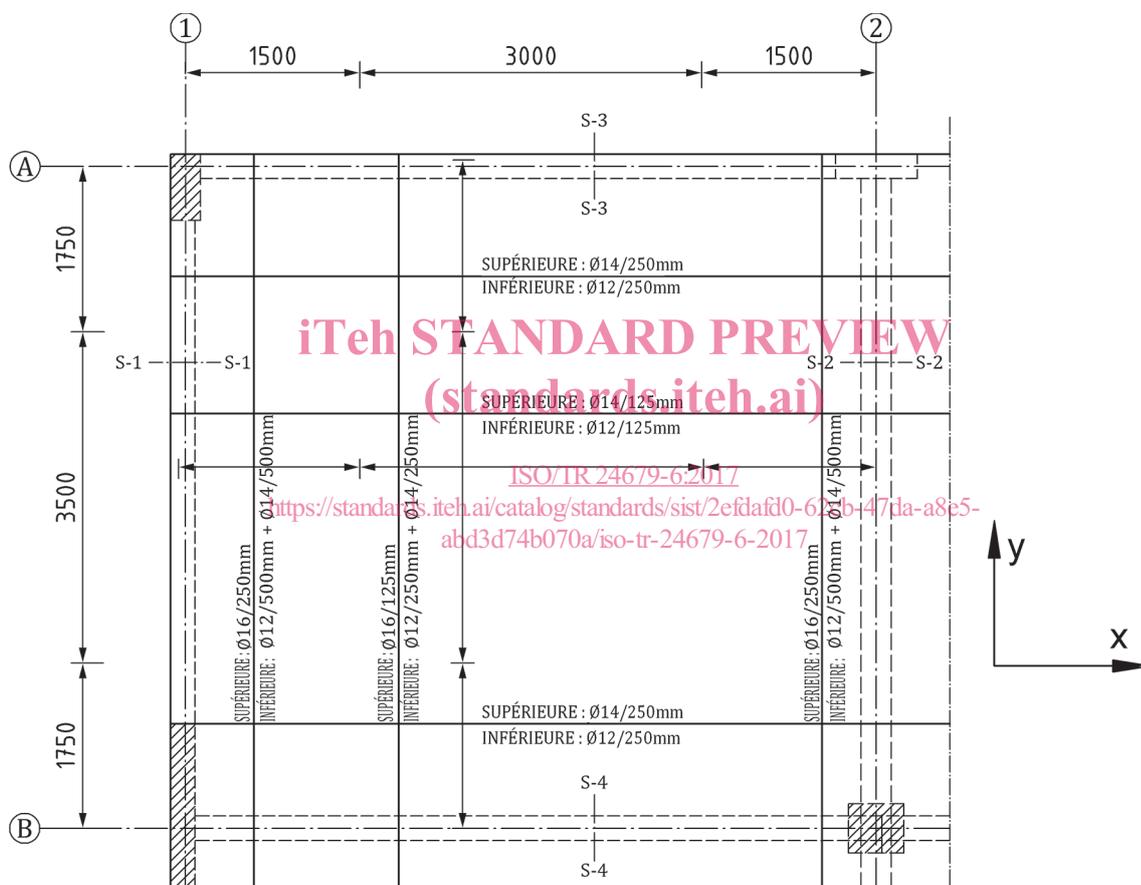


Figure 4 — Répartition de l'armature dans la dalle

Tableau 3 — Armature de dalle et distance axiale

Armature selon la direction X (de la dalle)	Bande centrale (3 m)	Distance axiale
Supérieure	Ø14/125 mm	37 mm
Inférieure	Ø12/125 mm	36 mm
Armature selon la direction Y (de la dalle)	Bande centrale (3 m)	Distance axiale
Supérieure	Ø16/125 mm	52 mm
Inférieure	Ø12/250 mm Ø14/250 mm	49 mm

NOTE Les relations contrainte-déformation du béton et de l'acier sont données dans la Référence.[4] À cet effet, un modèle explicite de déformation temporaire a été appliqué. La résistance à la traction du béton a été étudiée dans la modélisation avancée.

5.1.2 Charges calorifiques

Le bâtiment est un espace de bureau présentant des combustibles de type cellulosique (représentant la majorité de la charge calorifique), plastique et divers, supposés comme étant uniformément répartis dans l'ensemble du compartiment. La charge calorifique varie considérablement en fonction des types de bâtiments et les plages typiques sont indiquées dans les documents-guides disponibles. En outre, il convient de calculer la densité de charge calorifique des éléments de construction, des revêtements et du second œuvre et de l'ajouter aux densités de charge calorifique tabulées[5][6].

Il n'existe aucune information claire concernant l'usage de ce bâtiment. Par conséquent, des scénarios d'incendie potentiels, avec des densités de charge calorifique possibles pour des espaces peu meublés (ventes de machine de bureau) à densément chargés (bureau d'affaires, bibliothèque) allant de 350 MJ/m² à 1 350 MJ/m²[6], ont été examinés pour définir la densité de charge calorifique acceptable dans ce bâtiment.

5.1.3 Actions mécaniques

Les charges permanentes et les charges d'exploitation sont présentées dans le [Tableau 4](#).

Tableau 4 — Charges

	Nom de la charge	Valeur de la charge
Charge permanente	Poids propre	25 kN/m ³
	Second œuvre, dallage, services intégrés, cloison	1,5 kN/m ²
Charge d'exploitation/variable	Bureau	4 kN/m ²

L'action mécanique en situation d'incendie a été déterminée conformément à la Référence.[7] Par conséquent, la combinaison de charges donnée à la [Formule \(1\)](#) a été utilisée:

$$G + \Psi_{2,i} Q_i \quad (1)$$

où

G est la somme de toutes les charges permanentes;

Q est la charge d'exploitation prédominante;

$\Psi_2 = 0,6$.

Les charges qui ont été utilisées pour le calcul avec un modèle structural avancé (modèle par éléments finis en 3D prenant en compte les non-linéarités des matériaux et géométriques) sont indiquées dans le [Tableau 5](#).

NOTE L'action du vent n'a pas été prise en compte, car $\Psi_2 = 0$ pour le vent. La charge des étages supérieurs sera ajoutée à la modélisation structurale détaillée.

Tableau 5 — Charges utilisées dans l'analyse structurale détaillée

				Unité
Dalle	Charge permanente (G)	$0,18 \times 25 + 1,5$	6	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
	Charge d'exploitation (Q)	4	4	
	Charge totale	$G + 0,6Q$	8,4	
Poutres extérieures	Charge permanente (G)	$0,25 \times 0,40 \times 25$	2,5	$\frac{\text{kN}}{\text{m}}$
	Charge permanente de la façade (G_F)	8	8	
	Charge totale	$G + G_F$	10,5	
Poutres intérieures	Charge permanente (G)	$0,25 \times 0,40 \times 25$	2,5	$\frac{\text{kN}}{\text{m}}$
	Charge totale	G	2,5	

Pour l'analyse structurale détaillée, seul le premier étage a été modélisé dans un logiciel de modélisation structural. Cette hypothèse a été discutée en 5.6.2. L'action des étages supérieurs a été considérée dans l'analyse structurale détaillée en appliquant des forces verticales agissant au sommet des poteaux du premier étage.

Les forces verticales représentant les étages supérieurs sont présentées à la [Figure 5](#).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2efdafd0-62cb-47da-a8e5-abd3d74b070a/iso-tr-24679-6-2017>

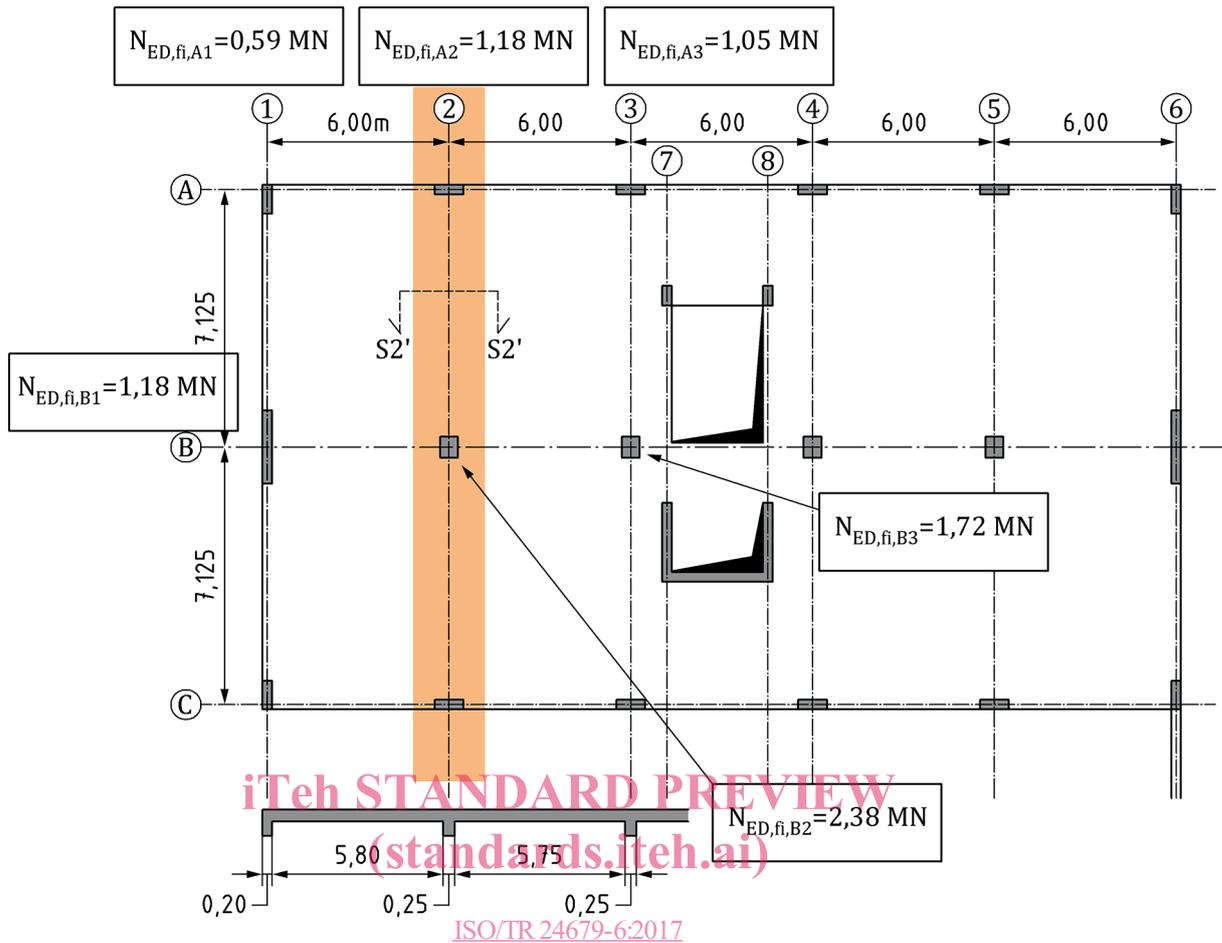


Figure 5 — Forces verticales représentant les étages supérieurs

5.2 ÉTAPE 2: identification des objectifs, des exigences fonctionnelles et des critères de performance pour la sécurité incendie de la structure

Dans la présente étude, les objectifs de la sécurité incendie sont:

- la sécurité des occupants, des pompiers et des autres personnes à proximité du bâtiment concernant le comportement structural du bâtiment en cas d'incendie;
- la sauvegarde des biens et la continuité des activités.

L'exigence fonctionnelle réside dans la stabilité structurale afin d'empêcher la ruine de tout élément structural pendant toute la durée de l'incendie, y compris la phase de refroidissement. Elle permet d'éviter que le feu se propage aux autres étages en raison de la ruine du plancher et du plafond au sein du compartiment.

Une série de critères de performance ont été sélectionnés pour répondre aux objectifs et à l'exigence fonctionnelle susmentionnés:

- la température maximale dans l'armature de tension de la structure en béton: elle permet de comparer rapidement l'impact relatif de nombreux scénarios d'incendie de dimensionnement potentiels et d'identifier le scénario d'incendie critique pour l'analyse structurale détaillée[8].

Les critères de performance suivants relatifs à la stabilité structurale ont été supposés pour l'analyse structurale détaillée:

- aucune ruine globale du bâtiment, due par exemple à la perte de stabilité des poteaux, rupture par cisaillement, capacité de rotation;