

Parcs de stationnement couverts

Conception

par **Jean-Claude SAVOUREUX**

Responsable sécurité incendie au Centre d'assistance technique et de documentation (CATED)

1. Conception et dimensionnement	C 4 410 - 2
1.1 Parcs de stationnement accessibles au public.....	— 2
1.2 Parcs de stationnement à usage privatif	— 5
2. Choix des matériaux et des éléments de construction.....	— 7
2.1 Amélioration du comportement au feu des éléments de structure et des planchers.....	— 8
2.2 Joints de calfeutrement coupe-feu	— 12
2.3 Portes résistant au feu.....	— 13
2.4 Portes coulissantes coupe-feu.....	— 14
2.5 Désenfumage et ventilation.....	— 14
Pour en savoir plus.....	Doc. C 4 412

Un parc de stationnement est un emplacement qui permet le remisage des véhicules automobiles et de leurs remorques en dehors de la voie publique, à l'exclusion de toute autre activité.

Il peut se trouver :

- dans un immeuble bâti, en superstructure ou en infrastructure ;
- sur une aire aménagée ou non pour le stationnement, sur une terrasse d'immeuble, sous un immeuble bâti.

Cet article se propose d'exposer les règles de conception générales et les dispositions géométriques des parcs de stationnement accessibles au public :

- pour des véhicules de moins de 3,5 t et de moins de 1,90 m de haut ;
- à rangement non automatique.

Il traite les sujets suivants :

- les emplacements ;
- la hauteur libre ;
- les voies de circulation et les rampes ;
- la pente des planchers et des rampes ;
- la stabilité et la bonne tenue des ouvrages.

Une grande partie est réservée à la réglementation sur la sécurité incendie qui est basée sur le principe fondamental suivant : assurer l'évacuation rapide et sûre de la totalité des occupants.

Pour assurer au mieux la sauvegarde des personnes en cas d'incendie dans un bâtiment, la prévention s'appuie notamment sur :

- la limitation des risques de naissance du feu ;
- la limitation de sa propagation ;
- les facilités d'évacuation des personnes ;
- les facilités d'intervention des services de secours.

Les mesures de prévention constituent la base des textes réglementaires et peuvent être regroupées selon les principaux thèmes suivants :

- l'implantation pour faciliter l'accès des secours ;
- l'isolement par rapport aux tiers et, notamment, les tiers «à risques particuliers» ;

- la résistance au feu des structures, qui doivent au moins résister pendant l'évacuation des personnes et l'intervention des secours ;
- les dégagements, qui doivent faciliter l'évacuation des personnes par leur implantation, leurs dimensions, leur balisage ;
- le compartimentage et le cloisonnement, qui pourront limiter l'extension de l'incendie ;
- l'inflammabilité des aménagements intérieurs et des éléments de construction ;
- le désenfumage, qui facilitera l'évacuation des occupants et l'intervention des secours ;
- les installations techniques, dont une bonne conception évitera qu'elles ne deviennent autant de sources ou de causes d'aggravation du sinistre ;
- l'alarme et les moyens de lutte contre l'incendie ;
- les consignes d'exploitation et d'entretien dont le non-respect est d'autant plus dangereux qu'il risque d'annuler l'efficacité de toutes les autres mesures de prévention prévues lors de la construction.

Cette étude se compose de deux articles :

- [C 4 410] Parcs de stationnement couverts. Conception ;
 [C 4 411] Parcs de stationnement couverts. Réglementation,
 auxquels se rattache une documentation [Doc. C 4 412].

1. Conception et dimensionnement

Deux normes françaises homologuées spécifient les règles de conception générales et les dispositions géométriques des parcs de stationnement (cf. [Doc. C 4 412]).

Elles concernent :

- les parcs de stationnement accessibles au public : NF P 91-100 ;
- les parcs de stationnement à usage privatif : NF P 91-120.

1.1 Parcs de stationnement accessibles au public

1.1.1 Domaine d'application

La norme NF P 91-100 spécifie les règles de conception générale et de dispositions géométriques des parcs accessibles au public, pour les véhicules dont le poids est inférieur à 3,50 t et de hauteur inférieure à 1,90 m, et destinés à la flotte de véhicules circulant en Europe occidentale, à rangement non automatique.

Elle aborde :

- le dimensionnement des éléments suivants :
 - emplacements,
 - hauteur libre,
 - voies de circulation et rampes ;
- la pente des planchers et des rampes ;
- la stabilité et la bonne tenue des ouvrages.

Les bornes de péage, barrières, éclairage et leurs protections ne sont pas pris en compte dans la norme.

1.1.2 Dimensions minimales des emplacements

Ces dimensions dépendent de la disposition des emplacements et de leur organisation par rapport aux voies de desserte. Elles sont déterminées en tenant compte de l'angle de rangement et des précisions suivantes :

— si un emplacement n'est pas rectangulaire, on doit pouvoir y inscrire un rectangle à ces dimensions ;

— certaines dimensions peuvent être diminuées, en conformité avec le tableau 1, à condition que le nombre de places de catégorie 1 soit au moins égal à 80 % des places totales ;

— lorsqu'un emplacement est conforme, par certaines de ses dimensions, à l'une des catégories définies dans le tableau 1, et par d'autres dimensions à une (ou plusieurs) autre(s) catégorie(s), il est compté dans la catégorie de numéro le plus élevé.

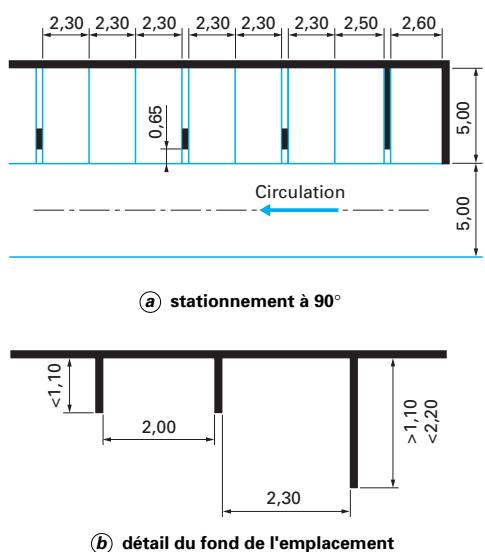
Tableau 1 – Réduction possible des dimensions minimales

Catégorie	Nombre de places (%)	Dimensions concernées	Réduction admise (1) (cm)
1	80	Toutes	Aucune
2	10	Largeurs des places	10
		Longueur d'un emplacement plus largeur de la circulation le desservant	50
3	10 (2)	Largeurs des places	10
		Longueur d'un emplacement plus largeur de la circulation le desservant	150
		Autres (obstacles du fond d'emplacement et retrait des poteaux)	20

(1) Dans la mesure où ces dimensions ne nuisent pas au fonctionnement général de l'ouvrage.

(2) Avec 10 places par niveau au maximum.

Les dimensions des emplacements pour les différentes dispositions sont indiquées dans le tableau 2 et représentées sur les figures 1, 2 et 3.



Les dimensions sont en mètres

Figure 1 – Rangement en bataille à 90°

Dans le cas d'une **circulation à double sens** dans une allée desservant un nombre d'emplacements supérieur à 20, la largeur de cette allée est augmentée de 20 %, avec un minimum de 5 m.

S'il y a des **poteaux entre les places de stationnement**, la distance entre le nu des poteaux et le bord de la voie de circulation est au minimum de 0,65 m. Cette dimension peut être réduite si la largeur des places est augmentée (tableau 3).

Ces deux derniers points sont valables pour le stationnement en bataille à 90° et pour le stationnement longitudinal.

1.1.3 Places pour handicapés

La largeur des places aménagées pour les personnes handicapées à mobilité réduite (cf. norme NF P 91-201) est précisée à l'article 4 de l'arrêté du 25 janvier 1979. Le nombre de ces places obligatoirement réservées est précisé à l'article 4 du décret n° 78-109 du 1^{er} février 1978.

Ces places réservées doivent avoir une largeur minimale de 3,30 m. Les emplacements aménagés et réservés doivent être signalés (figure 4).

1.1.4 Hauteur libre

À tous les niveaux, la hauteur libre ne doit pas être inférieure à 2,20 m sous plafond et de 2 m sous obstacles.

Les rampes et voies de circulation de véhicules doivent être libres de tout obstacle sur toute leur largeur et sur une hauteur minimale de 2 m, celle-ci étant mesurée perpendiculairement à la surface de la rampe. Aux raccordements avec les parties horizontales, elle est majorée de la flèche correspondant à l'empattement des véhicules. Pour calculer cette flèche, on utilise un empattement nominal de 3,00 m.

Le fond de l'emplacement doit maintenir dégagé le gabarit défini figure 5. Cette facilité ne s'applique pas aux catégories 2 et 3 définies au paragraphe 1.1.2 et reste limitée à 40 % de l'ensemble des places du parc.

Tableau 2 – Dimensionnement des places de stationnement suivant l'angle de rangement

Angle de rangement par rapport à l'axe de circulation (°)	Largeur de la voie de circulation (2) (6) (7) (m)	Longueur de l'emplacement (2) (7) (m)	Largeur de l'emplacement (7) (m)
Rangement en bataille à 90° (figure 1)			
90	5,00	5,00 (1)	2,30 (3)
Rangement en épi à 75° (figure 2a)			
75	4,50	5,10 (1)	2,25 (3)
Rangement en épi à 60° (figure 2b)			
60	4,00	5,15 (1)	2,25 (3)
Rangement en épi à 45° (figure 2c)			
45	3,50	4,80 (1)	2,20 (3)
Rangement longitudinal (figure 3)			
0	3,50	5,00 (5)	2,50 (gauche) (4) 2,00 (droite)

- (1) Cette distance est mesurée perpendiculairement à la voie de circulation. Lorsque le fond de l'emplacement est constitué, non d'une paroi, mais d'une autre rangée d'emplacements, l'arrangement des places en chevron ou bout à bout permet de réduire la longueur de l'emplacement comme montré sur la figure 2.
- (2) Pour un angle de rangement donné, le marquage au sol peut être adapté de sorte que la somme (une largeur de la voie + deux longueurs d'emplacement) dans le cas d'une travée complète, ou (une largeur de voie + une longueur d'emplacement) dans le cas d'une demi-travée, soit conservée.
- (3) La largeur de l'emplacement est mesurée perpendiculairement à l'axe de l'emplacement. On tient compte, s'il y a lieu, des poteaux ou autres obstacles situés à plus de 1,10 m et à moins de 2,20 m du fond de l'emplacement. Dans le cas d'obstacles situés à moins de 1,10 m du fond de l'emplacement, la largeur au droit des obstacles ne peut être inférieure à 2 m. Un obstacle est considéré comme un voile plein s'il se prolonge à plus de 2,20 m du fond de l'emplacement. La largeur est augmentée de 20 cm si un côté de l'emplacement est contre un voile plein et de 30 cm si les deux côtés sont contre un voile plein (cf. figure 1b).
- (4) Les emplacements longitudinaux (angle de rangement 0°) ont pour largeur 2,00 m s'ils sont bordés par un voile à droite et 2,50 m s'ils sont bordés par un voile à gauche. Droite et gauche sont entendues dans le sens de la circulation (cf. figure 3).
- (5) Cette longueur est portée à 5,30 m lorsqu'une extrémité de l'emplacement est délimitée par un voile et à 5,60 m lorsque l'emplacement est délimité à ses deux extrémités par un voile (cf. figure 3).
- (6) Dans le cas où l'angle de rangement diffère des deux côtés de l'allée de circulation, la largeur de celle-ci est la plus grande des deux largeurs correspondant à chacun des angles.
- (7) Selon le cas, on utilise comme extrémités pour les mesures :
 - le nu de la paroi ;
 - l'axe de la bande de peinture marquant la limite entre deux emplacements, ou entre l'emplacement et l'allée de circulation ;
 - la ligne de changement de teinte de la peinture au sol marquant les mêmes limites ;
 - ou toute autre disposition marquant les mêmes limites.

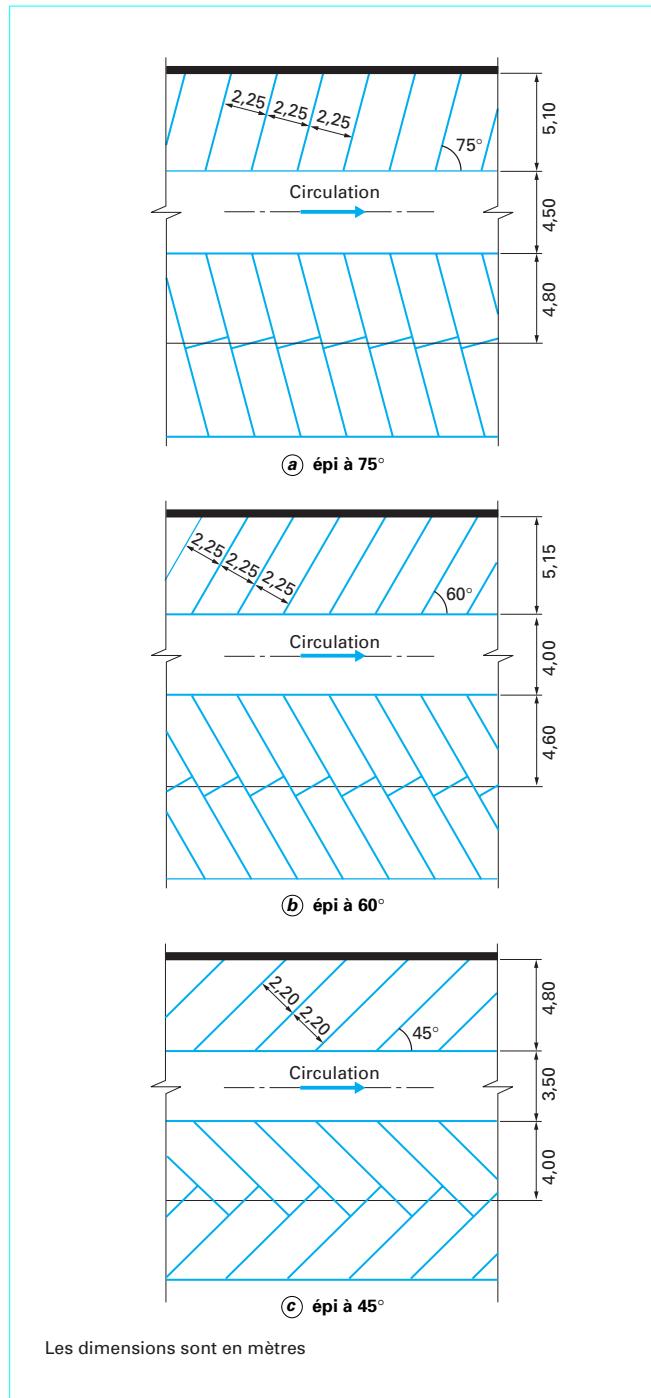


Figure 2 – Rangement en épis

1.1.5 Voies de circulation et rampes

Hors zones de stationnement et hors zones de péage, la largeur des voies de circulation et des rampes entre murs et/ou poteaux est au moins de :

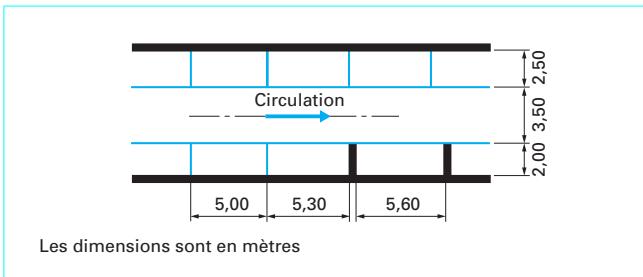


Figure 3 – Rangement longitudinal

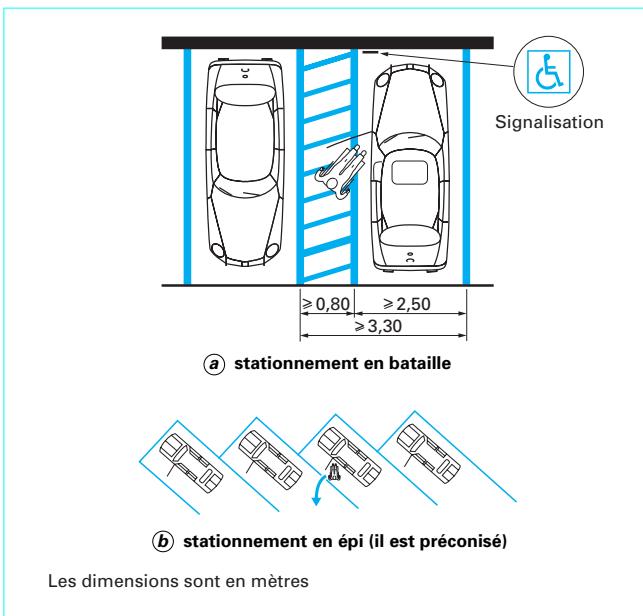


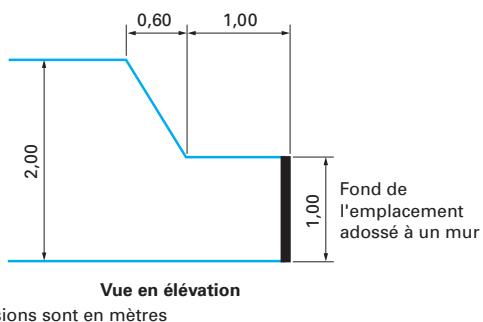
Figure 4 – Places pour personnes handicapées

Tableau 3 – Dimensionnement des emplacements dans le cas de poteaux entre les places de stationnement

Retrait du poteau (cm)	Augmentation de la largeur des emplacements (1) (cm)
65	0
40	10
25	15

(1) Dans le cas d'un emplacement entre deux poteaux, la largeur est augmentée une seule fois de la quantité imposée par le poteau le moins en retrait.

- 3,00 m en partie droite en sens unique ;
- 5,50 m en partie droite à double sens ;
- 4,00 m en courbe à sens unique ;
- 3,50 m (voie intérieure) + 3,00 m (voie extérieure) en courbe à double sens.

**Figure 5 – Gabarit du fond de l'emplacement**

Pour les courbes, qu'il s'agisse de circulations horizontales ou de rampes, le rayon de courbure extérieur de la voie unique, ou de la voie intérieure dans le cas des circulations à double sens, ne peut être inférieur à 8,50 m. Dans le cas des rampes, ce rayon est mesuré en projection horizontale.

Dans le cas où les circulations et rampes à double sens comportent un îlot séparateur, la largeur totale est augmentée de la largeur de l'îlot.

1.1.6 Pentes des planchers et des rampes

■ Les **planchers** ont une pente d'au moins 1 % vers les dispositifs de collecte des eaux (avaloirs, cunettes, etc.).

L'inclinaison de l'axe longitudinal de tout emplacement ne doit pas excéder 5 %, sans que toutefois sa plus grande pente excède 7,5 %.

La pente maximale des planchers au droit des places réservées aux handicapés doit être conforme à la réglementation en vigueur.

La pente maximale des planchers dans les zones de péage est de 3 %.

■ La pente maximale admise pour les **rampes** est de 18 % (figure 6a) :

- pour les rampes droites ;
- pour les rampes courbes dans l'axe de la rampe, ou dans l'axe de la voie intérieure si la rampe comporte plusieurs voies.

Nota : dans tous les cas, la rugosité du sol des trémies extérieures doit être particulièrement prononcée. Il faut prévoir des mesures particulières dans les régions à fort enneigement.

Sur une distance de 4 m en retrait de l'alignement des façades au débouché sur la voirie, la pente de la rampe ne doit pas excéder 5 % (figure 6a). Cette disposition ne concerne pas les trémies aménagées dans la voirie elle-même.

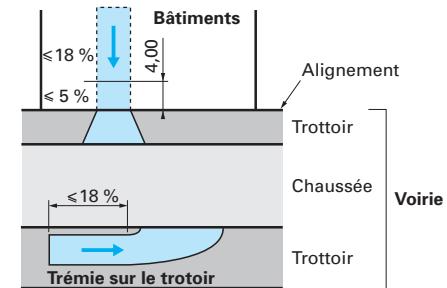
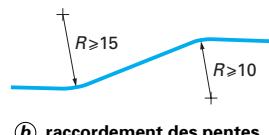
Le raccordement des rampes s'effectuera suivant des courbes de rayon R (dans l'axe de la rampe) (figure 6b) :

- $R \geq 10$ m en sommet de la rampe ;
- $R \geq 15$ m en pied de rampe.

1.2 Parcs de stationnement à usage privatif

1.2.1 Domaine d'application

La norme NF P 91-120 propose aux divers intervenants des dispositions normalisées (cf. [Doc. C 4 412]).

**a) débouché sur la voirie**

Les dimensions sont en mètres

Figure 6 – Pente des rampes

Elle traite :

— des dimensions minimales pour les emplacements, les voies de circulation et les rampes ;

— de la pente des planchers et des rampes.

Elle ne s'applique pas :

— au rangement automatique ;

— aux ascenseurs ;

— aux emplacements destinés à recevoir des équipements mécaniques.

Elle ne prend pas en compte l'implantation :

— des barrières ;

— des éclairages et de leurs protections ;

— des emplacements fermés (boxes) [cf. arrêté du 31 janvier 1986, art. 84 § 2].

1.2.2 Dimensions minimales des emplacements

Un emplacement de parking est conforme à la norme NF P 91-120 si ses dimensions et celles de la circulation lui permettent d'être rangé en classe A ou B.

■ Les **emplacements de classe A** conviennent à la grande majorité des véhicules légers circulant en Europe occidentale.

■ Les **emplacements de classe B** — « réduits » — conviennent aux petits véhicules. Leur nombre ne doit pas dépasser 10 % de la capacité totale du parc, à moins de dispositions spéciales dans les documents du marché.

1.2.3 Dimensions de référence des emplacements et des circulations

Les dimensions dépendent de la disposition des emplacements et de leur organisation par rapport aux voies de desserte.

Les dimensions sont déterminées en tenant compte de l'angle de rangement et des précisions qui suivent :

- la longueur est :
 - comptée perpendiculairement à la voie de desserte pour les stationnements en bataille (suivant un angle de 90° avec la voie) ou en épi (suivant un angle compris entre 0° et 90° avec la voie) (tableau 4) ;
 - comptée parallèlement à la voie de desserte pour les stationnements en créneau (suivant un angle de 0° avec la voie) (tableau 4) ;
- la largeur est comptée perpendiculairement à l'orientation du rectangle inscrit.

Tableau 4 – Dimensions de référence des emplacements et des circulations dans les parcs de stationnement à usage privatif

Angle de rangement par rapport à l'axe de circulation ($^\circ$)	Largeur de la voie de circulation (5) (m)	Longueur de l'emplacement (m)	Largeur de l'emplacement (m)
Rangement en bataille			
90	5,00	5,00	2,30 (2)
Rangement en épi à 75°			
75	4,50	5,10 (1)	2,25 (2)
Rangement en épi à 60°			
60	4,00	5,15 (1)	2,25 (2)
Rangement en épi à 45°			
45	3,50	4,80 (1)	2,20 (2)
Rangement en créneau			
0	3,50	5,00 (4)	2,50 (si obstacle à gauche) (3) 2,00 (si obstacle à droite) 2,30 (si pas d'obstacle)

- (1) Lorsque le fond de l'emplacement est constitué, non d'une paroi, mais d'une autre rangée d'emplacements, l'arrangement des places en chevron ou bout à bout permet de réduire la longueur de l'emplacement comme montré sur la figure 2. Il n'est pas tenu compte des obstacles situés à moins de 1,10 m du fond de l'emplacement lorsqu'ils laissent une largeur libre supérieure à 2,00 m (figure 7d).
- (2) La présence d'un obstacle (poteau, voile, etc.) dans la zone située entre 2,20 m du fond de l'emplacement et 1,10 m de la voie de desserte conduit à augmenter la largeur de 0,20 m si un seul côté de l'emplacement est concerné, et de 0,30 m si les deux côtés sont concernés (figure 7c). Pour le rangement en épi à 45° , la présence d'un obstacle (poteau, voile, etc.) dans la zone située à moins de 1,10 m de la voie de desserte conduit à augmenter la largeur de l'emplacement conformément au tableau 3 (figure 7b).
- (3) Les emplacements en créneau (angle de rangement 0°) ont pour largeur 2,00 m s'ils sont bordés par un voile à droite et 2,50 m s'ils sont bordés par un voile à gauche. Droite et gauche sont entendues dans le sens de la circulation (cf. figure 3).
- (4) Cette longueur est portée à 5,30 m lorsqu'une extrémité de l'emplacement est délimitée par un voile et à 5,60 m lorsque l'emplacement est délimité à ses deux extrémités par un voile (cf. figure 3).
- (5) Dans le cas où l'angle de rangement diffère des deux côtés de l'allée de circulation, la largeur de celle-ci est la plus grande des deux largeurs correspondant à chacun des angles.

Ces dimensions sont comptées à partir :

- du nu des parois ou des poteaux limitant l'emplacement ;
- de l'axe des bandes matérialisées entre emplacements ;
- de l'extérieur des bandes matérialisées entre emplacements et voies de desserte ou autres zones limitrophes.

■ Rangement en bataille ou en épi

Les dimensions des emplacements sont indiquées dans le tableau 4 et représentées sur les figures 2 et 7.

■ Rangement en créneau

Les dimensions des emplacements sont indiquées dans le tableau 4 et représentées figure 3 comme pour les parcs accessibles au public.

1.2.4 Places pour handicapés

Les dimensions des emplacements sont spécifiées dans la norme NF P 91-201.

La largeur minimale d'un emplacement est de 3,30 m. Il ne doit pas empiéter sur un trottoir ni sur une circulation automobile. Les emplacements aménagés et réservés doivent être signalés (cf. figure 4).

1.2.5 Hauteur libre et pentes

- À tous les niveaux, la **hauteur libre** ne doit pas être inférieure à 2,20 m sous plafond, 2 m sous les obstacles.

Dans le cas d'un rangement en bataille ou en épi, le fond de l'emplacement doit maintenir dégagé le gabarit montré figure 8a.

Dans le cas d'un rangement en créneau, l'emplacement doit maintenir dégagé, côté paroi, le gabarit défini figure 8b.

- La **pente** d'un emplacement ne doit pas excéder 5 % selon son axe longitudinal et 7,5 % selon sa plus grande pente.

Pour les handicapés, la pente doit être inférieure à 5 % ; lorsqu'elle dépasse 4 %, un palier de repos est nécessaire tous les 10 m. En cas d'impossibilité technique d'utiliser des pentes inférieures à 5 %, les pentes suivantes sont tolérées exceptionnellement :

- 8 % sur une longueur inférieure à 2 m ;
- 12 % sur une longueur inférieure à 0,50 m.

1.2.6 Voies de circulation et rampes

- Quelles que soient les largeurs indiquées dans différents modes de rangement nécessaires à l'accessibilité des emplacements, la **largeur des voies de circulation** est au moins de :

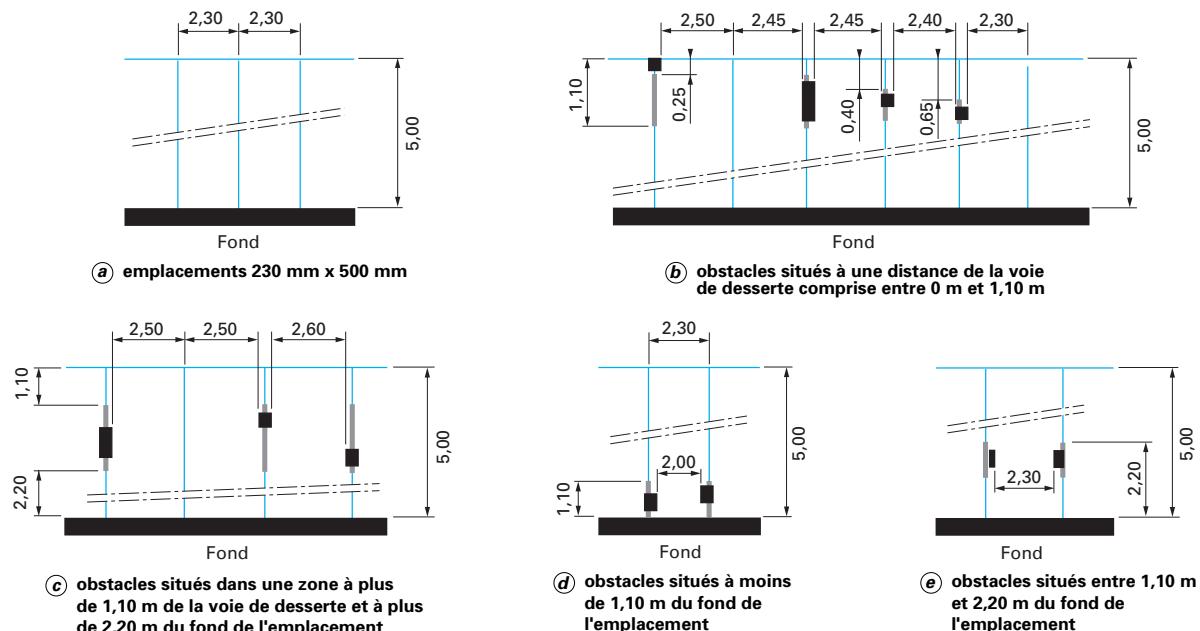
- 2,80 m en sens unique ;
- 5,00 m en double sens.

S'il existe un îlot séparateur, la largeur de la voie est augmentée de la largeur de l'îlot.

■ Dimensions minimales des rampes

La largeur minimale L de la rampe est donnée par l'abaque de la figure 9 en fonction du rayon extérieur R de la voie, et suivant la pente envisagée.

Le débouché en voirie se fera sur une distance de 4 m en retrait de l'alignement des façades et la pente de la rampe ne doit pas excéder 5 % (cf. figure 6a).



Les dimensions sont en mètres

Figure 7 – Rangement en bataille à 90°

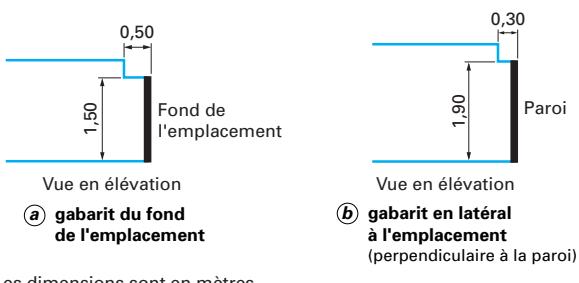


Figure 8 – Hauteur libre dans les parcs de stationnement privés

1.2.7 Niveau de référence

Quel que soit le type de bâtiment, il est souvent fait appel à la notion de « **niveau de référence** » tant pour la sécurité incendie que pour d'autres dispositions. En voici la définition.

Le niveau de référence est celui de la voirie publique desservant la construction et utilisable par les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie. S'il y a deux accès par des voies situées à des niveaux différents, le niveau de référence sera déterminé par la voie la plus basse (ou la plus haute si le parc est en superstructure).

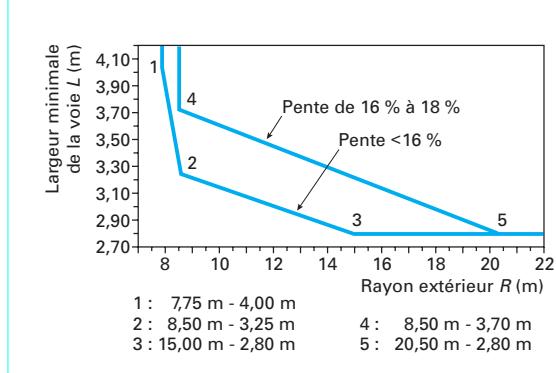


Figure 9 – Abaque pour la détermination de la largeur minimale d'une rampe

2. Choix des matériaux et des éléments de construction

Ce choix doit permettre de satisfaire à la réglementation de sécurité des parcs de stationnement couverts.

2.1 Amélioration du comportement au feu des éléments de structure et des planchers

Pour plus de détails, on pourra se reporter aux différentes rubriques concernées dans le traité Construction.

2.1.1 Protections rapportées sur les éléments de construction

La réglementation de protection incendie dans les parcs de stationnement impose des degrés de stabilité au feu pour les éléments porteurs ainsi que des degrés coupe-feu pour les planchers.

Lorsque les exigences réglementaires de comportement au feu ne peuvent être atteintes par les éléments de construction nus, il y a lieu de prévoir des systèmes de protection rapportés. Ces systèmes auront tous pour rôle de retarder la transmission du flux thermique dans l'élément à protéger, améliorant d'autant la résistance au feu de celui-ci :

- soit en augmentant son inertie thermique ;
- soit par l'emploi d'écrans à base de matériaux incombustibles et plus ou moins isolants thermiques.

Les écrans sont utilisés principalement sur les structures poteaux, poutres, planchers, charpentes et les conduits d'air métalliques, lorsqu'il leur est demandé un degré de résistance au feu, soit stable au feu, soit pare-flammes, soit coupe-feu.

Ces systèmes sont généralement :

- des peintures et enduits intumescents ;
- des enduits projetés ;
- des habillages par panneaux ou coquilles.

■ Structures en béton [1]

Les règles de calcul DTU, « Règles FB » d'octobre 1987 intitulées « Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton » permettent de justifier, par le calcul, la résistance au feu de tous les éléments courants de structures en béton armé et béton précontraint tels que poteaux, murs, dalles pleines et poutres.

Des règles simples relatives à chaque type d'ouvrage donnent, sous forme de tableau, des valeurs de paramètres dont le respect assure une résistance au feu donnée. Par ailleurs, les degrés de résistance au feu souhaités peuvent être obtenus par adjonction de matériaux protecteurs adaptés et convenablement liés à la structure qu'ils protègent. Ces matériaux de protection sont caractérisés par leurs **épaisseurs équivalentes** de béton, déterminées par l'essai au feu décrit dans l'annexe 3 des Règles FB.

L'ouvrage typifié sur lequel est appliquée la protection est un plancher nervuré en béton armé dont la forme permet d'observer la bonne tenue mécanique de celle-ci et son bon comportement au feu.

Dans les procès-verbaux d'essais, ces épaisseurs équivalentes de béton sont respectivement indiquées pour :

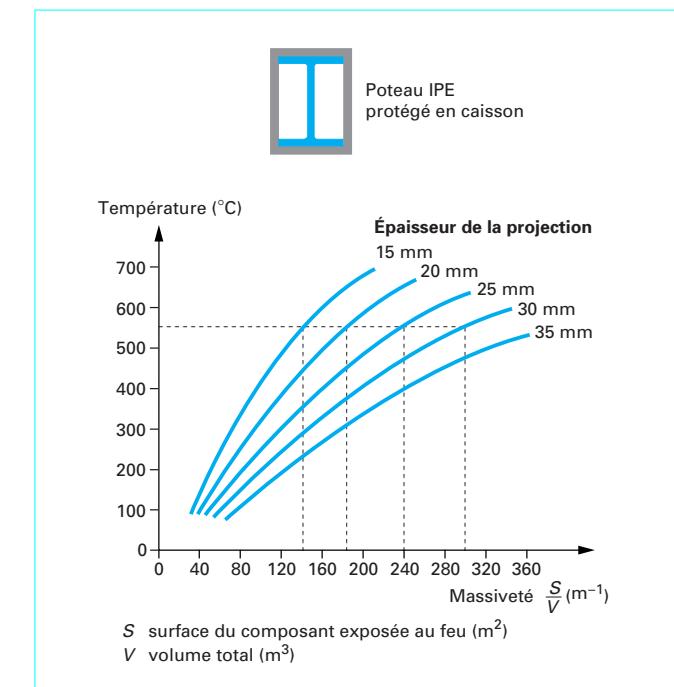
- la sous-face d'une dalle de 140 mm d'épaisseur ;
- la sous-face d'une dalle de 100 mm d'épaisseur ;
- les fonds de poutre ;
- les joues de poutre ;

et pour les diverses durées de résistance au feu.

Toutefois, certains fabricants ne font tester leur protection qu'en sous-face de dalle. Leur PV d'essai n'est donc en principe pas strictement utilisable pour la justification de stabilité au feu de poutres.

■ Structures en acier [2]

Les règles de calcul « Règles FA » de décembre 1993 (norme expérimentale P 92-702) intitulées « Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en acier et Annexe » permettent de justifier par le calcul le degré de stabilité au feu des éléments en acier des structures, protégées ou non.



D'une manière générale, la stabilité au feu des éléments en acier ne peut être assurée en pratique que si l'on met en œuvre des protections telles que :

- des peintures ou enduits intumescents ;
- des enduits projetés et des flocages ;
- des habillages par plaques, panneaux ou coquilles.

La méthodologie de caractérisation des produits de protection annexée aux Règles « Feu-Acier » permet d'établir des abaques d'évaluation de la température dans les profilés métalliques (figure 10), en fonction de la massivité de ceux-ci, pour différentes épaisseurs du produit testé et pour les diverses durées de résistance au feu. Ainsi, pour une température critique de ruine de 550 °C, tel produit projeté (projection formant caisson, cas d'un poteau) apportera une stabilité au feu (SF) d'une heure :

- en 15 mm d'épaisseur sur un profilé ayant pour massivité 140 m^{-1} , soit approximativement un IPE 400 ;
- en 20 mm d'épaisseur sur un profilé ayant pour massivité 180 m^{-1} , soit approximativement un IPE 300 ;
- en 25 mm d'épaisseur sur un profilé ayant pour massivité 240 m^{-1} , soit approximativement un IPE 200 ;
- en 30 mm d'épaisseur sur un profilé ayant pour massivité 300 m^{-1} , soit approximativement un IPE 100.

Le facteur de massivité est le rapport S/V de la surface exposée à l'échauffement par le volume d'acier par unité de longueur. Il s'exprime en m^{-1} .

Une autre utilisation des abaques du même produit donnerait pour un poteau IPE 300 protégé dans les mêmes conditions :

- SF 1/2 heure avec 10 mm de projection ;
- SF 1 heure avec 20 mm de projection ;
- SF 1 heure 1/2 avec 30 mm de projection ;
- SF 2 heures avec 40 mm de projection.

■ Poteaux mixtes acier-béton [3]

Les règles de calcul DTU « Règles FPM 88 » de septembre 1988 intitulées « Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des poteaux mixtes » permettent de déterminer ou de vérifier la durée de stabilité au feu des poteaux associant des profils métalliques et du béton armé ou non.

■ Structures bois

Ce sont les « Règles BF 88 » (DTU P 92-703) qui traitent du sujet.

2.1.2 Matériaux de base utilisés en protection incendie

■ Plâtre [4]

Le plâtre constitue sans doute le matériau bénéficiant de l'expérience d'emploi la plus ancienne et reste l'un des plus économiques et des plus performants. Mis en œuvre, il retrouve la composition du gypse naturel : sulfate de calcium à deux molécules d'eau ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). À l'état sec, il contient donc 20 % d'eau de constitution.

Lors de l'incendie, la réaction de déshydratation et de vaporisation absorbe une grande quantité de chaleur, permettant le maintien d'une température de 100 °C derrière le plâtre tant que la vaporisation n'est pas terminée.

Une telle protection par le plâtre agit sous deux formes face à l'incendie :

- un rôle actif en absorbant une quantité importante de calories ;
- un rôle passif en tant qu'écran freinant la transmission du flux thermique.

Pour améliorer encore ses caractéristiques d'adhérence au support, de stabilité dimensionnelle au choc thermique et de pouvoir d'isolation thermique, il peut être mélangé à de la vermiculite exfoliée et à divers adjuvants pour constituer véritablement un plâtre « spécial feu ».

Le plâtre pourra être utilisé sous forme :

- de plâtre fin appliquée manuellement ou projeté soit directement sur le support, soit par l'intermédiaire d'un grillage ou d'un lattis ;
- de plâtre spécial feu à projeter ;
- d'éléments préfabriqués : carreaux et plaques de plâtres, gaines et coquilles.

Autres caractéristiques

• Plâtre courant

Conductivité thermique λ : 0,35 W/m · °C.

Masse volumique : 750 à 1 000 kg/m³.

• Plâtre spécial feu

Conductivité thermique λ : 0,25 à 0,30 W/m · °C.

Masse volumique : 500 à 900 kg/m³.

■ Vermiculite et perlite [5]

La vermiculite est une roche minérale appartenant à la famille des micas. Sous l'action de la chaleur, elle se déhydrate en prenant un aspect exfolié et en subissant une forte augmentation de volume, d'où son emploi comme isolant thermique. En effet, la dimension des grains de vermiculite augmente de 20 à 30 fois en enfermant de l'air, ce qui explique sa légèreté et ses qualités d'isolation thermique.

Autres caractéristiques

Température de fusion : 1 300 °C environ.

Conductivité thermique λ de la vermiculite en vrac : de 0,05 à 0,07 W/m · °C.

Masse volumique apparente : 90 à 130 kg/m³

La vermiculite pourra être liée au ciment ou au plâtre pour constituer des enduits à projeter, ou utilisée sous forme de panneaux rigides.

- La perlite est un granulat minéral utilisé dans les mêmes conditions que la vermiculite exfoliée et de caractéristiques voisines.

■ Fibres minérales [5]

On regroupe souvent sous cette appellation les fibres ou laines de verre et les fibres ou laines de roche.

● Fibres de verre

Elles sont obtenues à partir de verre en fusion, par centrifugation ou étirage par courant de gaz chauds à grande vitesse. Malgré leurs propriétés d'isolation thermique et leur caractère généralement M0 ou M1 selon la teneur en résine de liaison des fibres, leur emploi est très restreint pour l'amélioration de la résistance au feu des ouvrages, à cause d'un point de ramollissement peu élevé de l'ordre de 500 à 550 °C.

● Fibres de roche

Elles sont fabriquées par des procédés similaires à ceux mis en œuvre pour la fibre de verre. On range sous cette appellation des fibres d'origines diverses, élaborées notamment à partir :

- de laitier de haut-fourneau ;
- de basalte ;
- de scories volcaniques, etc. ;

les constituants principaux étant la silice et l'alumine.

L'appellation fibres céramiques est employée pour certaines compositions, traitées à haute température, ayant des propriétés réfractaires spécifiques.

Autres caractéristiques

Point de fusion élevé : supérieur à 1 000 °C.

Coefficient de conductivité thermique λ faible : de 0,038 à 0,047 W/m · °C.

Masse volumique faible : 18 à 180 kg/m³.

Comme la vermiculite exfoliée, ces fibres peuvent être employées sous forme de projection ou de panneaux rigides, de nappes souples ou de coquilles.

Les parois d'isolation pour lesquelles les exigences CF sont les plus élevées subissent souvent également des exigences d'isolation thermique, cela a conduit à un développement important de ces techniques, notamment pour les planchers hauts de parcs de stationnement surmontés par d'autres activités.

■ Peintures intumescentes

Outre les constituants classiques des peintures (pigments, liants et solvants), ces peintures contiennent des hydrates de carbone, des agents gonflants et des adjuvants divers. Sous l'effet de la chaleur, elles se transforment en une mousse ayant la consistance d'une meringue qui forme un écran isolant.

Elles sont essentiellement utilisées pour la protection des structures métalliques, mais peuvent également améliorer le degré de réaction au feu de matériaux combustibles jusqu'à M2 ou M1 des panneaux de bois ou des plaques de matière plastique.

■ Autres matériaux

- Les panneaux de fibraglos peuvent être utilisés comme éléments de protection de structures ou de conduits.

- Les argiles et les schistes expansés sont quelquefois utilisés :
 - sous forme de béton léger ou de blocs en béton léger ;
 - en remplissage, à l'intérieur de capotages entourant des poteaux métalliques.

- Le béton cellulaire autoclavé peut, lui aussi, être utilisé sous forme de blocs préfabriqués ou d'éléments armés.

Nota : en France, les matériaux sont classés au point de vue réaction au feu en 5 classes : M0 matériaux incombustibles ; M1 à M4 matériaux combustibles ; M1 peu inflammable ; M2 difficilement inflammable ; M3 moyennement inflammable ; M4 facilement inflammable (cf. § 2.5.7).

2.1.3 Utilisation en protection incendie

Les divers matériaux ci-dessus sont utilisés en protection rapportée sur les ouvrages (structures ou conduits) lorsque le matériau constituant ces ouvrages n'a pas les caractéristiques suffisantes pour atteindre les degrés de résistance au feu requis.

2.1.3.1 Protection rapportée sur structure en béton

Pour les structures en béton, en utilisant les données figurant dans le DTU « Feu-Béton » et sous réserve du respect des dispositions constructives qui y sont contenues, on peut retenir les cas suivants.

Poteaux

Une protection rapportée ne sera pratiquement jamais nécessaire, l'amélioration de la résistance au feu s'obtenant par l'augmentation de la section du poteau.

L'article 7.11 « Règles simples » du DTU « Feu-Béton » indique les degrés SF pour les poteaux soumis à une compression simple, dont l'élançement est au plus égal à 35 et pour lesquels les aciers n'ont pas été pris en compte pour l'estimation de la charge portante ultime dans le calcul à froid.

Le tableau 5 donne, pour les durées F (exprimées en heures) des critères d'exigence coupe-feu (CF) ou de stabilité au feu (SF), la dimension minimale a (cm) du côté du poteau pour :

- un poteau carré ;
- un poteau rectangulaire ($b = 5a$).

Tableau 5 – Critères de résistance au feu des poteaux

F(h)	1/2	1	1 1/2	2	3	4
a(cm)	Poteau carré	15	20	24	30	36
	Poteau carré exposé une face au feu	10	12	14	16	20
	Poteau rectangulaire ($b = 5a$)	10	12	14	16	20

Pour les valeurs du rapport b/a comprises entre 1 et 5, la section de béton minimale admissible A en fonction de la durée de résistance au feu recherchée est déterminée par interpolation linéaire (figure 11).

Exemple : pour un degré de résistance au feu de 2 h (cf. tableau 5) :

- section carrée $a = 30$ cm
 $A_1 = 900 \text{ cm}^2$;
- section rectangulaire allongée $b = 5a$
 $a = 16$ cm
 $b = 80$ cm
 $A_2 = 1\,280 \text{ cm}^2$.

Pour un rapport $\frac{b}{a} = 3$, la lecture sur l'abaque de la figure 11 indique $A_3 \approx 1\,080 \text{ cm}^2$, ce qui donne $a \approx 19$ cm et $b \approx 57$ cm.

Murs porteurs

Comme pour les poteaux, une protection rapportée ne sera en général pas nécessaire, l'amélioration de la résistance au feu s'obtenant par augmentation de l'épaisseur du mur. L'article 7.31 du DTU « Feu-Béton » indique, pour les murs d'élançlement au plus égal à 50, des durées F (exprimées en heures) des critères d'exigence coupe-feu (CF) ou de stabilité au feu (SF) :

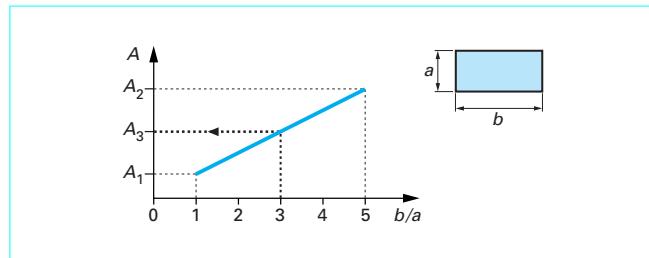


Figure 11 – Règle d'interpolation à effectuer sur l'aire de la section d'un poteau en fonction du rapport b/a

gance coupe-feu et stable au feu, pour les valeurs minimales de a correspondant à l'épaisseur du mur et de u correspondant à l'épaisseur de l'enrobage des aciers (tableau 6). Ces règles sont valables pour un feu d'un ou des deux côtés du mur.

Tableau 6 – Critères de résistance au feu des murs porteurs

F(h)	1/2	1	1 1/2	2	3	4
a(cm)	10	11	13	15	20	25
u(cm)	Cas des aciers au pourcentage (1)	Néant				
	Cas des aciers pris en compte dans les calculs	1	2	3	4	5

(1) Pourcentage minimum d'acier, lorsque la structure n'en comporte pas obligatoirement.

Murs non porteurs

Pour les murs non porteurs et les parois de gaines, les durées F (exprimées en heures) des critères d'exigence coupe-feu sont indiquées pour les valeurs minimales de a correspondant à l'épaisseur du mur (tableau 7).

Tableau 7 – Critères de résistance au feu des murs non porteurs

F(h)	1/2	1	1 1/2	2	3	4
a(cm)	6	7	9	11	15	17,5

Planchers

• Les **planchers dalles pleines** satisfont sans protection à l'exigence CF 1 h, voire CF 1 h 1/2.

• Les **dalles hyperstatiques** peuvent même satisfaire jusqu'au degré CF 2 h sans protection, sous réserve de satisfaire aux exigences du DTU « Feu-Béton » en ce qui concerne la nature des aciers sur appui ou le calcul des aciers en travée (art. 7.422 du DTU).

• Les **planchers à poutrelles et entrevois céramique ou béton** avec dalle coulée en œuvre satisfont sans protection au degré CF 1/2 h sous réserve de satisfaire aux exigences du DTU : avec un moment sur appui > 15 % du moment isostatique et 3 fils par poutrelles dans le cas de poutrelles en béton précontraint à entrevois céramique (art. 7.81 Règles simples du DTU).

■ Poutres

Sur appuis libres, les enrobages d'aciers requis sont tels que l'on aura intérêt à recourir à une protection rapportée dès que l'exigence dépasse SF 1 h, sauf dans le cas de poutres de forte section ou peu chargées. Les valeurs seuils peuvent atteindre SF 1 h 1/2 ou SF 2 h lorsque l'on peut prendre en compte les continuités sur appui (art. 7.51 du DTU).

2.1.3.2 Protection rapportée sur structure en acier

Pour les structures en acier, l'application des règles « Feu-Acier » conduit, dans la majorité des cas, au recours à une protection rapportée. En effet, selon les profilés mis en œuvre, le type de chargement, etc., une structure métallique peut, dans certains cas, présenter une stabilité au feu qui n'excède pas 10 voire même 5 min.

Les cas les plus favorables seront constitués par des structures satisfaisant aux paramètres suivants :

- taux de charge faible ;
- facteur de massiveté faible, donc profilés très massifs (cf. § 2.1.1) ;
- hyperstaticité.

Pour les structures normalement chargées, la température critique de ruine prise en compte le plus souvent est de 550 °C, pour les structures hyperstatiques, et de 470 °C pour les structures isostatiques (Règles forfaitaires du DTU « Feu-Acier »).

2.1.4 Techniques d'utilisation

2.1.4.1 Peintures et enduits intumescents

Leur utilisation pour améliorer la résistance au feu de structures en acier suppose la satisfaction de plusieurs conditions :

- les profilés traités devront avoir une faible massiveté ;
- l'état de surface des profilés devra correspondre au procès-verbal d'essai pris en référence. Ils seront décalaminés dans tous les cas, brossés ou sablés.

Le degré de stabilité au feu obtenu atteint couramment SF 1 h 1/2 voire SF 2 h.

L'utilisation en extérieur, que certains fabricants proposent, suppose l'application d'un système plus complexe et notamment plus coûteux, ces peintures étant par nature sensibles aux intempéries.

Les systèmes mis en œuvre comprennent généralement :

- une couche primaire dont le double rôle est d'assurer la protection contre la corrosion et l'adhérence de la couche intumescente ;
- une ou plusieurs couches de peinture intumescente, en général environ 1 kg/m² ;
- une couche de finition qui doit être compatible avec la couche précédente et, outre son rôle décoratif, protège celle-ci de l'ambiance du local.

La mise en œuvre se fait à la brosse ou au pistolet. La durabilité dans le temps est du même ordre que celle des autres peintures ou enduits, les dégradations mécaniques ou chimiques pouvant être retraitées par une nouvelle couche intumescente et une couche de finition.

Ce procédé est le seul permettant de conserver l'expression architecturale des structures métalliques, les autres procédés aboutissant en général à leur dissimulation.

2.1.4.2 Enduits projetés

Ils sont mis en œuvre par projection pneumatique selon les prescriptions de la norme P 15-202 de mai 1993 (réf. DTU 27-1) et de la norme P 15-203 de mars 1997 (réf. DTU 27.2). Leur efficacité va croissant avec les épaisseurs appliquées, une fois assurées les conditions d'adhérence au support.

Les principales sociétés commercialisant ces produits (cf. [Doc. C 4 412]) les ont fait tester selon les méthodologies des règles « Feu-Acier » et/ou DTU « Feu-Béton ». Cela leur permet de couvrir un large champ d'utilisation, à la différence de ceux n'ayant fait l'objet que d'essais ponctuels, sur tel ou tel type de structure, pour une épaisseur déterminée.

La plupart de ces produits ayant des efficacités comparables, des critères tels que :

- le procès-verbal d'essais de référence et des références d'emploi ;
 - l'aspect de finition ;
 - le crépi, le lissage possible, etc. ;
 - la sensibilité aux chocs dans les parties accessibles (nécessité éventuelle d'un habillage de protection mécanique) ;
 - la sensibilité à l'humidité ;
 - les autres fonctions à assurer par la protection (isolation thermique et/ou correction acoustique) ;
- pourront intervenir, en dehors du coût bien sûr, dans la procédure de choix effectuée par le concepteur.

■ Sur structures en béton

Les **enduits à base de fibres minérales**, de liants hydrauliques (plâtre ou ciment additionnés de vermiculite exfoliée) ne posent pas de problèmes particuliers d'adhérence sur tous les types d'éléments. On pourra donc se dispenser, pour ceux-là, de systèmes d'accrochage intermédiaires. Il y aura lieu toutefois de faire attention à la présence résiduelle, au moment de leur application, de certaines huiles de décoffrage, notamment dans le cas d'utilisation de coffrages métalliques.

Les enduits à base de fibres minérales seront souvent utilisés en protection de planchers CF 2 h ou CF 3 h pour améliorer également la résistance thermique du plancher. Dans ce cas, une première couche de masse volumique plus élevée en général, correspondant à celle du PV d'essai au feu, sera appliquée pour assurer le degré coupe-feu requis ; la seconde couche assurant la fonction d'isolation thermique, sa masse volumique pourra être plus faible.

■ Sur structures métalliques

L'enlèvement de calamine aura ou non à être complété par l'application d'un **primaire antirouille** selon le pH du produit projeté et sa sensibilité à l'humidité. Comme pour le béton, l'interposition d'un lattis d'accrochage ne sera en général pas nécessaire dans le cas de produits fibreux et des liants hydrauliques additionnés de vermiculite exfoliée, mais le deviendra dans le cas du plâtre pur. Un lattis est parfois disposé autour des profilés pour former caisson, limitant ainsi la consommation de matériaux projetés par rapport à la projection sur tout le contour du profilé.

■ Sur planchers en béton coulés sur bacs en acier

Les produits fibreux secs adhèrent en général sur tous les types de bacs ; les produits humides à base de liants hydrauliques ne peuvent être utilisés sans interposition d'un **lattis d'accrochage** que s'ils comportent des nervures rapprochées, d'espacement inférieur à 30 cm environ et en forme de queue d'aronde, pour favoriser l'accrochage mécanique de la projection.

■ Sur conduits d'air métalliques

Avant projection, les tôles d'acier sont nettoyées, dégraissées et reçoivent l'application d'un **primaire d'accrochage**.

L'annexe V de l'arrêté du 3 août 1999 relatif aux modalités d'essais de résistance au feu précise que l'essai de base est effectué sur un conduit rectangulaire de section 60 cm × 40 cm.

● Classement des conduits d'air de ventilation

Le classement d'un conduit de ventilation peut relever de deux catégories : pare-flammes (PF), coupe-feu (CF).

Les classements obtenus à l'issue de l'essai unitaire sont valables pour des conduits dont les dimensions linéaires de la section d'écoulement varient au maximum de ± 25 % par rapport à celles

du conduit testé pour le système de calfeutrement essayé et pour une paroi de résistance au feu au moins égale à celle de la paroi d'essai.

Dans le cas de l'essai de gamme, des extensions identiques à celles de l'essai unitaire sont appliquées sur chaque élément testé, les classements étant également valables pour les dimensions intermédiaires à celles essayées.

Des essais complémentaires peuvent être effectués par le laboratoire pour extraire les résultats d'essais.

2.1.4.3 Protection par panneaux

■ Pour les **structures en béton**, ce type de protection est en général utilisé dans le cas de planchers dalles pleines, en fond de coffrage, lorsque la nature et l'aspect de surface des panneaux ou l'utilisation de dispositifs d'ancrage complémentaires permettent d'assurer leur tenue au cours de l'incendie. Les panneaux sont également employés sous forme de capotage, en une ou plusieurs épaisseurs, collés ou vissés, pour la protection des profilés métalliques tels que poteaux ou poutres.

Comme pour les enduits projetés, les sociétés ayant fait tester leurs produits selon la méthodologie d'essai des règles « Feu-Acier » bénéficient d'un champ d'utilisation plus large que celles ne disposant que d'essais ponctuels, sur tel type de profilé, pour une épaisseur déterminée.

■ Ces panneaux peuvent également être employés pour la protection de **conduits d'air métalliques**, la tenue en conduit horizontal sous plancher devant être particulièrement bien étudiée au niveau des suspentes, du traitement des angles, des effets de la dilatation, etc. Certains fabricants proposent des systèmes où les panneaux peuvent constituer le conduit lui-même.

2.1.4.4 Poteaux creux remplis de béton

Cette technique consiste à tirer parti du volume intérieur offert par les profils creux en les remplissant de béton, armé ou non. On réalise ainsi une « structure mixte » acier-béton, permettant d'améliorer la charge portante du poteau et également sa résistance au feu, même en l'absence de toute protection extérieure rapportée. En effet, au cours de l'incendie, la charge se reporte progressivement sur le noyau en béton qui reste maintenu par l'acier (les propriétés mécaniques de celui-ci diminuant à cause de son échauffement) et lui évite tout épaufrément ; d'autre part, le béton absorbe une partie notable de la chaleur reçue par l'acier.

Cette technique permet d'atteindre, dans les meilleurs cas, un degré de stabilité au feu de 2 h sans protection rapportée.

2.2 Joints de calfeutrement coupe-feu

2.2.1 Joints de dilatation

La présence de joints dans les parois, pour prévenir les effets de la dilatation des ouvrages, n'est pas sans poser parfois quelques problèmes quant à la continuité du degré pare-flammes ou coupe-feu à leur endroit [6]. Aussi, quelques fabricants de matériaux de calfeutrement ou d'étanchéité ont mis au point des systèmes assurant au mieux cette continuité et les ont fait tester en laboratoire agréé, depuis 1974.

Il y a lieu de noter toutefois que l'arrêté du 3 août 1999 ne définit pas de méthode d'essai à leur sujet. Les essais pratiques ont consisté à placer le système de joint entre deux dalles en béton de 14 à 20 cm d'épaisseur, à soumettre l'ensemble au programme thermique conventionnel, et à apprécier le degré CF de paroi de l'ensemble. C'est pourquoi, seuls des comptes rendus d'essais sont délivrés dans ce domaine, et non des procès-verbaux d'essais. Ces comptes rendus sont actuellement sans limite de validité, et

leur délivrance n'est pas limitée aux laboratoires agréés en résistance au feu. Cependant, les essais réalisés par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ou le Centre technique industriel de la construction métallique (CTICM) confèrent au produit testé un gage de qualité supplémentaire.

Le déroulement des essais varie en fonction des exigences du demandeur (écartement, dimensions et nature des dalles, joint horizontal ou vertical...). L'essai consiste à placer les produits testés entre deux dalles (le plus souvent en béton), et à soumettre l'ensemble au programme thermique appliqué aux essais normalisés. L'épaisseur des dalles est choisie en fonction de la tenue au feu requise pour le joint de dilatation. Le DTU « Prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton » d'octobre 1987, donne les durées de résistance au feu des dalles et parois en béton armé (tableau 8) :

Tableau 8 – Durées de résistance au feu des dalles et parois en béton armé

F.....(h)	1/2	1	1 1/2	2	3	4
Épaisseur minimale de béton.....(cm)	Paroi	10	11	13	15	20
	Plancher	6	7	9	11	15
						17,5

Les comptes rendus d'essais de résistance au feu des joints de dilatation précisent la durée de l'étanchéité du joint aux flammes et aux gaz chauds et la durée d'isolation thermique.

Parmi les différents types de joints proposés, on peut distinguer trois grandes familles :

— les joints secs, présentés sous forme de cordons, de tresses ou de bandes de mousse, de mise en œuvre assez simple (figure 12). Ils ne nécessitent pas de fond de joint mais comportent des risques de déchirement au moment de la pose, si les lèvres du joint de calfeutrement présentent des aspérités notables ;

— les produits à base de mastic demandant la pose d'un fond de joint, le plus souvent un bourrelet de laine de verre. Leur mise en œuvre requiert une main-d'œuvre plus spécialisée, mais ils s'adapteront plus facilement que les matériaux secs à des irrégularités notables de largeur de joint (figure 13) ;

— une combinaison de ces deux types peut être utilisée lorsque le joint doit également assurer une fonction d'étanchéité.

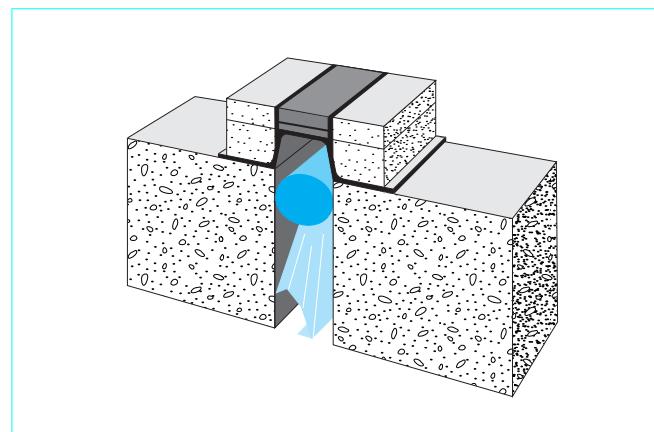


Figure 12 – Joint coupe-feu BAF 18 (doc. Couvraneuf)

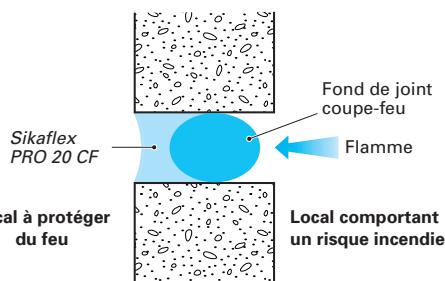


Figure 13 – Mise en œuvre de mastic (doc. SIKA)

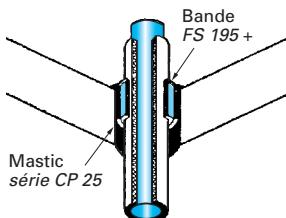


Figure 14 – Conduit isolant traversant un plancher (doc. 3M)

La garantie de la fonction étanchéité est assurée par le respect des trois conditions suivantes :

- mastic titulaire du label SNJF (Syndicat national des joints et façades) ;
- mise en œuvre conforme aux règles professionnelles du SNJF ;
- qualification professionnelle du poseur.

L'étanchéité aux fumées froides et aux gaz plus ou moins toxiques qui peuvent se développer en début d'incendie n'est pas testée dans les essais au feu cités plus haut ; elle semble *a priori* mieux assurée par les mastics.

2.2.2 Autres dispositifs

On peut rattacher également, à cette famille, divers procédés de calfeutrement ou d'obturation de passages de canalisations d'eau ou d'électricité ou de jeux de portes ayant une fonction pare-flammes ou coupe-feu à assurer.

Un certain nombre d'entre eux s'appuient sur les propriétés de gonflement, sous l'action de la chaleur (intumescence), du silicate de sodium hydraté commercialisé sous forme de plaques, bandes ou mousse rigide dont la sensibilité à l'humidité n'est toutefois pas à négliger.

Ce système est notamment utilisé pour le calfeutrement de traversée de canalisations en PVC ou en polyéthylène et pour les câbles électriques dans les parois coupe-feu (figure 14). Sous l'effet de la chaleur, le produit intumescence gonfle, écrase le conduit ramollie et obture le passage.

Des systèmes spécifiques ont été mis au point par certains fabricants pour le calfeutrement de passage de **canalisations électriques**. Ils sont mis en œuvre de plusieurs façons.

■ Par bourrage de produits pulvérulents

Ces produits sont constitués de matières inertes. Ils peuvent être utilisés en vrac, mais le plus souvent sont conditionnés en petits sacs pour calfeutrer par bourrage un passage dans une paroi coupe-feu.

■ Par mastic

Un mastic est un produit plastique sous forme de pâte, prêt à l'emploi, appliqué en cordon ou injecté au moyen d'un pistolet. Il est utilisé pour le calfeutrement de faible ou moyenne épaisseur de passage de câbles.

■ Par enduit

C'est aussi un produit plastique sous forme pâteuse ou semi-liquide applicable au pinceau ou à la truelle, préparé au moment de l'application par mélange de deux composants, polymérisable ou non. Il est fréquemment appliqué sur les câbles électriques de part et d'autre d'une paroi.

■ Par presse-étoupe

C'est un système de traversée de murs par des câbles électriques, démontable, permettant l'adjonction de câbles supplémentaires.

Pour les blocs-portes CF, les propriétés de la bande intumescante seront également utilisées, en fond de fissure d'huisserie en bois résineux notamment. Dans d'autres cas, on utilise des systèmes de joint en néoprène spécial, notamment au droit du battement central des portes à deux vantaux va-et-vient. Ces derniers systèmes présentent en outre l'avantage d'offrir une étanchéité aux fumées froides.

2.3 Portes résistant au feu

■ Pour les **blocs-portes en bois**, la norme homologuée NF P 23-502 d'août 1987 décrit la construction d'un bloc-porte en bois ou dérivé, réputé pare-flammes et coupe-feu 1/2 h et définit les caractéristiques de fabrication. Les règles de mise en œuvre de ces blocs-portes sont, par ailleurs, spécifiées au chapitre 5.83 du DTU 36-1. La norme descriptive NF P 23-502 évite ainsi aux produits répondant aux définitions indiquées par elle de subir l'essai de résistance au feu décrit dans l'arrêté du 3 août 1999.

■ Les **autres blocs-portes** utilisés dans les parcs de stationnement pour lesquels un degré de résistance au feu est exigé sont des blocs-portes pour lesquels le fabricant a fait procéder à un essai de résistance au feu justifié par un procès-verbal d'essai de moins de 5 ans.

Dans le cas des portes battantes à un ou deux vantaux sans imposte, les résultats de l'essai décrit au procès-verbal sont valables automatiquement et sans mention spéciale dans le procès-verbal, pour des variations de passage libre sur la hauteur et la largeur égales à + 10 % et à - 30 % des dimensions linéaires avec arrondissement des dimensions au demi-décimètre supérieur ou au décimètre inférieur le plus voisin résultant des cotations calculées.

Ces majorations ou minorations sont applicables aux conditions suivantes :

- respect rigoureux de la construction testée et, notamment, continuité de l'isolation si l'essai se fait dans ces conditions, ou présence de joints d'assemblage examinés au cours de l'essai si le rabotage des panneaux d'isolation est utilisé ;

- durée coupe-feu ou pare-flammes supérieure ou égale au moins aux pourcentages suivants du temps de classement :

- + 20 % pour les degrés 1/4 h, 1/2 h, 3/4 h, 1 h,
- + 15 % pour le degré 1 h 1/2,
- + 10 % pour les degrés 2 h, 3 h, 4 h, 6 h.

2.4 Portes coulissantes coupe-feu

Les portes coulissantes utilisées dans les parcs de stationnement pour lesquels un degré de résistance au feu est exigé doivent aussi avoir fait l'objet d'un procès-verbal de classement en résistance au feu de moins de 5 ans.

Les variations de dimensions suivantes sont autorisées :

- sur la hauteur : $\pm 25\%$;
- sur la longueur jusqu'à 6 m : -30% ;

à condition de respecter les règles suivantes :

- respect rigoureux du système constructif ;
- porte constituée de panneaux successifs identiques et respect des conditions d'assemblage de ces panneaux ;
- comportement du joint d'assemblage des panneaux examiné au cours de l'essai de base ;
- continuité de l'isolant assurée à l'intérieur des panneaux ;
- si la continuité de l'isolant est impossible, comportement de l'isolant examiné au cours d'un essai ;
- essai de référence effectué sur des éléments de portes en vraie grandeur ;
- pour les portes à un vantail, recouvrements des chicanes et de la porte sur la maçonnerie augmentés de 0,01 m par mètre de vantail supérieur à 3 m en partie haute et de 0,005 m par mètre supérieur à 3 m en largeur de part et d'autre de la baie ;
- durée coupe-feu ou pare-flammes supérieure ou égale au moins aux pourcentages suivants du temps de classement :
 - + 20 % pour les degrés 1/4 h, 1/2 h, 3/4 h, 1 h,
 - + 15 % pour le degré 1 h 1/2,
 - + 10 % pour les degrés 2 h, 3 h, 4 h, 6 h.

Pour ces cas, il y a possibilité d'augmenter progressivement de 0,002 m par mètre l'écartement entre la porte et le mur. Destinées aux ouvertures trop larges pour les portes battantes, mais de conception similaire, les portes coulissantes sont suspendues, par l'intermédiaire de chariots, à un rail légèrement incliné. La réglementation impose, dans de nombreux cas, qu'elles soient maintenues en position ouverte et asservies à un dispositif de détection. Pour les parcs de stationnement de bâtiments d'habitation, c'est le cas des portes obturant les murs de recouvrement en compartiments de moins de 3 000 m². Celles-ci doivent être pare-flammes de degré 1/2 h et à fermeture automatique commandée par un détecteur autonome déclencheur conforme à la norme NF S 61-961 et doublé d'une commande manuelle.

Si le maître d'ouvrage souscrit une assurance incendie, les règles R-16 de l'APSAD (Assemblée plénière des sociétés d'assurance dommages) relatives aux règles d'installation des portes coupe-feu peuvent être prescrites. Elles définissent les caractéristiques et les conditions d'installation et d'entretien concernant les dispositifs d'obturation automatique coupe-feu des ouvertures verticales pratiquées dans des ouvrages séparatifs.

2.5 Désenfumage et ventilation

2.5.1 Conduits de désenfumage

Un système de montage de ces conduits est indiqué figure 15.

Lorsqu'un degré de résistance au feu leur est demandé, celui-ci doit être justifié par procès-verbal d'essai dont les modalités sont précisées dans l'annexe 5 de l'arrêté du 3 août 1999. Les principales dispositions sont les suivantes :

- seuls les conduits 4 faces sont visés ; les conduits dont une des parois est formée par le gros œuvre du bâtiment sont exclus de la méthode d'essais décrite à l'annexe V de l'arrêté du 3 août 1999 ;

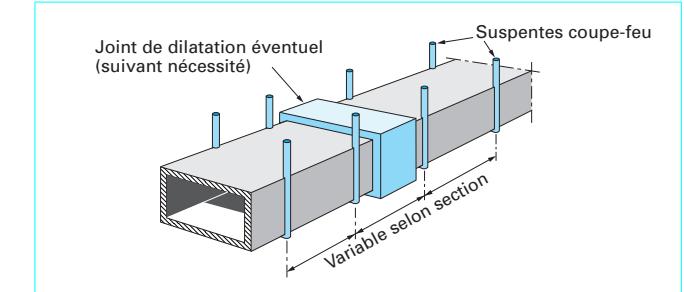


Figure 15 – Montage d'un conduit (doc. Dagstaff)

— les conduits de désenfumage sont soumis, lors des essais, à un feu intérieur aux conduits, alors que les conduits de ventilation sont soumis à un feu extérieur ;

— l'essai de base, effectué sur un conduit de 60 × 40 cm, peut être extrapolé pour des conduits de dimensions supérieures à 25 % par rapport à cette section. Au-delà de ces limites, un essai de gamme est nécessaire ;

— l'étanchéité aux flammes (degré PF) et l'isolation thermique (degré CF) sont vérifiées sur les parois du conduit, une pression de 10⁵ Pa existant dans celui-ci.

On peut signaler, au plan pratique, qu'un conduit en tôle d'acier est réputé SF 1/4 h, mais non CF. Une protection rapportée par flocage de fibres minérales ou d'enduit spécial sur un grillage d'accrochage ou la réalisation de conduits à base de plaques résistant au feu en silicocalcaire, ou en staff spécial, sera donc nécessaire pour tout degré CF, en dehors du cas des conduits verticaux en maçonnerie ou en béton.

2.5.2 Volets de désenfumage

Les bouches de désenfumage situées sur un conduit ayant à satisfaire à un degré CF devront, en général, être équipées de volets de désenfumage, fermés en position d'attente et s'ouvrant en cas d'incendie dans le local desservi. Leur degré CF sera le même que celui du conduit.

Leurs modalités d'essais sont précisées dans l'annexe IV de l'arrêté du 3 août 1999, en commun avec celles des portes CF/PF. Comme celles-ci, les volets sont soumis à des cycles d'ouverture-fermeture avant l'essai au feu (50 cycles). Des variations dimensionnelles de + 25 % sont acceptées dans le champ de validité du procès-verbal d'essai de l'élément testé. Au-delà, un essai de gamme est nécessaire. Le mécanisme de déclenchement des volets doit, par ailleurs, répondre aux exigences de l'instruction technique n° 247 « Mécanismes de déclenchement des dispositifs de fermeture résistant au feu et de désenfumage ».

Ces volets, dont le fonctionnement peut être, soit à guillotine pour les conduits verticaux, soit pivotant, sont conçus le plus souvent selon la même technologie que les portes CF métalliques : caisson métallique avec âme isolante en plaque de plâtre ou plaque silicocalcaire le plus souvent.

2.5.3 Ventilateurs

C'est la circulaire du 7 juin 1974, relative au désenfumage dans les immeubles de grande hauteur (IGH), qui a précisé pour la première fois les prescriptions applicables à des installations de désenfumage mécanique. Il y était indiqué que les ventilateurs d'extraction devaient assurer leur fonction avec des fumées à 400 °C pendant 2 h.

Les modalités pratiques d'essais sont précisées dans l'annexe VII de l'arrêté du 3 août 1999. Les laboratoires agréés ont établi les

conditions des essais de gamme, à partir des indications relatives aux éléments variables dans les différents types de ventilateurs concernés.

Le constructeur doit fournir au laboratoire un dossier technique comprenant :

- la référence commerciale ;
- le ou les plans du ventilateur donnant les principales caractéristiques de construction, accompagné(s) d'une notice descriptive ;
- la puissance et les caractéristiques du moteur électrique, ainsi que la vitesse de rotation nominale ;
- et tout renseignement utile à la parfaite identification de l'ensemble essayé.

On distingue (figure 16) :

- les ventilateurs de type centrifuge à changement de direction du flux d'air aspiré ;
- les ventilateurs de type hélicoïde (ou hélicoaxial) sans changement de direction du flux d'air aspiré ;
- les ventilateurs de type tourelle toujours placés en toiture ;
- les ventilateurs de type caisson.

Pour l'application des formules d'extrapolation, les ventilateurs « tourelles » sont assimilés au type hélicoïde, lorsque le moteur est situé dans le flux de gaz chauds, et au type centrifuge dans le cas contraire.

Les essais visent la performance $400\text{ }^{\circ}\text{C} - 2\text{ h}$ pour le désenfumage des immeubles de grande hauteur, $400\text{ }^{\circ}\text{C} - 1\text{ h}$ pour les établissements recevant du public **et seulement $200\text{ }^{\circ}\text{C} - 1\text{ h}$ pour les parcs de stationnement.**

Dans ce dernier cas, il est demandé de respecter une distance de 4 m au moins entre la prise d'air et l'emplacement de stationnement le plus proche.

2.5.4 Exutoires

Les exutoires de fumée font partie des dispositifs utilisables pour assurer le désenfumage. Les essais auxquels ils sont soumis ainsi que leur mécanisme de déclenchement font l'objet des Instructions techniques n° 246 et 247 et de la règle R 17 de l'APSAD.

L'efficacité des exutoires de fumées est caractérisée par la « SUE » surface utile d'exutoire qui constitue une surface minorée par rapport à la surface géométrique d'ouvrant, compte tenu :

- de la forme de l'exutoire (influence de pare-vents, costières, lamelle...) formant « effet de Venturi » lors de l'évacuation des fumées ;
- de l'influence d'un vent latéral (10 m/s lors de l'essai) ;
- des déformations éventuelles provoquées par le passage de gaz chauds.

Les laboratoires agréés pour effectuer les essais sont actuellement :

- le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ou le Centre technique industriel de la construction métallique (CTICM) pour les essais aérauliques et thermiques ;
- le Centre technique des industries aérauliques et thermiques (CETIAT) pour l'essai d'efficacité aéraulique ;
- le Laboratoire central de la préfecture de Police (LCPP) pour l'essai du mécanisme de déclenchement d'ouverture.

Le CETIAT est chargé de regrouper les comptes rendus d'essai des autres laboratoires et de délivrer le procès-verbal d'essai du système complet.

Des variations de + 25 % sont admises sur les dimensions de l'exutoire testé.

Le procès-verbal d'essai global précise s'il y a ou non essai du mécanisme de commande. Pour les systèmes qui n'ont pas fait l'objet d'un essai en laboratoire, par application de l'article 6.2.1 de l'Instruction technique n° 246 du 3 mars 1982, la surface libre de passage de l'air est affectée d'un coefficient 0,3. L'exutoire doit s'ouvrir à un angle d'au moins $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

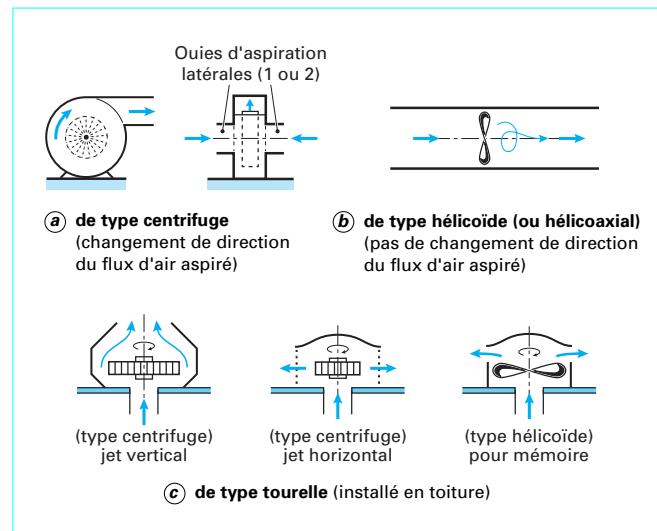


Figure 16 – Différents types de ventilateurs

2.5.5 Horloges de programmation. Éclairage et câbles

Il est difficile de tirer un principe général quant au choix du mode de fonctionnement de la ventilation mécanique. Une étude réalisée par l'Union technique interprofessionnelle des fédérations nationales du bâtiment et des travaux publics pour le compte de la Direction de la sécurité civile a eu pour but de préciser le calcul des ventilations de parking et leur mode de fonctionnement dans les conditions normales et en cas d'incendie.

Au regard des résultats de cette étude, il semble que la **ventilation commandée par horloge** soit efficace dans tous les parcs de pointe utilisés soit par des employés d'une société, soit à titre de dissuasion à la périphérie des villes, les pointes de trafic du matin et du soir pouvant être dans ce cas très importantes. En effet, dans la mesure où les débits de ventilation sont suffisants, le choix de commande par horloge supprime toute montée intempestive de la teneur en monoxyde de carbone. Cette commande joue donc un certain rôle préventif et l'on enregistre ainsi des teneurs plus faibles et souvent une consommation moindre d'énergie qu'avec une commande automatique liée à la détection.

Éclairage et câbles

On se reportera à l'article *Électricité dans le bâtiment* dans ce traité [7].

2.5.6 Séparateurs d'hydrocarbures

L'interdiction de rejeter à l'égout toute matière solide, liquide ou gazeuse pouvant présenter un danger pour le personnel d'exploitation, une gêne pour le fonctionnement des équipements ou encore un risque de dégradation des ouvrages, impose de prendre des précautions quant aux rejets des eaux chargées de liquides inflammables.

Une installation efficace doit comporter :

- un système de récupération des eaux accidentellement répandues dans un parc, constitué d'avaloirs de sol. Ces avaloirs de sol, suivant leur implantation, auront des grilles résistant à une charge de 125 kN pour le passage de voitures de tourisme ou 15 kN pour le trafic piédestre (suivant norme NF P 98-312) ;

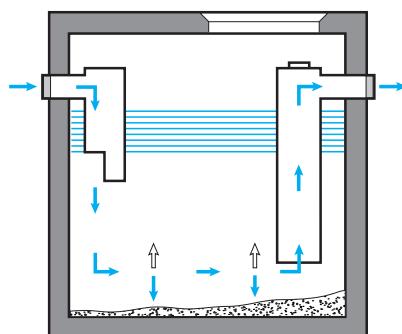


Figure 17 – Séparation des hydrocarbures libres dans les eaux usées
(doc. La Nive)

- un système de décantation des matières lourdes permettant la rétention des particules de masse volumique supérieure à 1 kg/dm^3 contenues dans les eaux à traiter, constitué par un débourbeur ;
- un système de séparation des matières légères (liquides inflammables) non miscibles à l'eau, constitué par un séparateur. Afin qu'il puisse remplir son rôle d'empêcher tout rejet, il sera muni d'un obturateur automatique (de type flotteur, par exemple).

Les séparateurs à hydrocarbures peuvent être avec ou sans débourbeur intégré et, dans certains cas, comporter un compartiment fosse de relevage (figure 17).

Pour assurer l'efficacité d'un séparateur d'hydrocarbures, il doit être entretenu. Le séparateur d'hydrocarbures installé dans un parc de stationnement couvert ne reçoit que peu d'eau de ruissellement ; il faudra donc veiller à ce qu'il soit maintenu constamment en eau. De la même manière, on vérifiera le flotteur afin d'être assuré que ce dernier puisse jouer son rôle.

Ils font actuellement l'objet de deux normes :

- P 16-440 : *Séparateurs de boues et de liquides légers préfabriqués en béton* ;
- XP P 16-441 : *Débourbeur séparateur de liquides légers et appareil combiné métallique*.

2.5.7 Réaction au feu des matériaux

Les éléments de construction du parc, ainsi que leurs revêtements, doivent être réalisés en matériaux classés en catégorie M0 du point de vue de leur réaction au feu ; les portes et baies ne sont pas soumises à cette disposition.

■ Précisions sur la réaction au feu

L'arrêté du 30 juin 1983 modifié (JO du 1^{er} décembre 1983) définit les méthodes d'essais et fixe la classification, selon leur réaction au feu, des matériaux de construction et d'aménagement, à laquelle se réfèrent les règlements de sécurité contre l'incendie.

Les exigences de ces règlements s'appliquent, sauf dispositions particulières, aux matériaux de construction finis, aux revêtements appliqués sur leurs supports et aux matériaux d'aménagement intérieur.

Le classement s'applique aux matériaux présentés sous forme de panneaux en plaques, films, voiles, feuilles... Il ne s'applique ni aux matières premières non transformées, ni aux objets.

Les matériaux sont répartis dans les catégories suivantes : M1, M2, M3, M4 et, le cas échéant, M0.

■ Harmonisation européenne

Dans un avenir assez proche, la France va abandonner son système de classification des matériaux en matière de comportement au feu. Cela concerne l'évaluation de la réaction au feu des produits de construction.

Une nouvelle méthode dénommée SBI permettra, au niveau européen, de classer les matériaux en sept catégories dites « euroclasses » de A à F au lieu des cinq catégories actuellement en vigueur en France (tableau 9).

Tableau 9 – Correspondance entre catégories de matériaux et euroclasses pour la réaction au feu

France	Europe	
M0	A1 et A2	A _{FL} et A _{2FL}
M1 à M4	B à E	B _{FL} à E _{FL}
Non classé	F	F _{FL}

Les euroclasses partagent les produits de construction en deux groupes : les revêtements de sol et les autres produits.

Les euroclasses dans chaque groupe sont au nombre de sept et se définissent de la façon suivante :

- **revêtements de sol** : A_{FL}, A_{2FL}, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL} et F_{FL} (FL signifiant *floorings*) ;
- **autres produits** : A1, A2, B, C, D, E et F.