

Annexe n° 2

**à la circulaire interministérielle n° 2000- 63 du 25 août 2000
relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national**

<p>INSTRUCTION TECHNIQUE RELATIVE AUX DISPOSITIONS DE SECURITE DANS LES NOUVEAUX TUNNELS ROUTIERS (CONCEPTION ET EXPLOITATION)</p>

SOMMAIRE

Préambule	4
1 - CHAMP D'APPLICATION	7
2 - DISPOSITIONS DE GÉNIE CIVIL	7
2.1 - Chaussée et trottoirs	7
2.1.1 - Largeur pour l'accès des véhicules de secours	7
2.1.2 - Trottoirs	7
2.1.3 - Revêtement des chaussées	8
2.2 - Aménagements pour l'évacuation	8
et la protection des usagers et l'accès des secours	8
2.2.1 - Communications directes avec l'extérieur	8
2.2.2 - Aménagements en souterrain	9
2.3 - Aménagements destinés aux véhicules de secours	10
2.3.1 - Aménagements en tunnel	10
2.3.2 - Aménagements aux têtes	10
2.4 - Niches de sécurité	11
2.5 - Niches incendie	11
2.6 - Hélistrace	12
2.7 - Dispositifs évitant le passage des fumées d'un tube dans l'autre	12
2.8 - Garages	12
2.9 - Accessibilité aux personnes handicapées	12
3 - ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ	13
3.1 - Alimentation électrique	13
3.1.1 - Alimentation secourue sans coupure	13
3.1.2 - Alimentation secourue de puissance	13
3.2 - Ventilation	14
3.2.1 - Ventilation pour maintenir la qualité de l'air	14
3.2.2 - Ventilation de désenfumage en cas d'incendie	14
3.2.3 - Ventilation des aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours	20 20
3.3 - Eclairage	21
3.4 - Postes d'appel d'urgence	21
3.5 - Moyens de lutte contre l'incendie	21
3.5.1 - Extincteurs	21
3.5.2 - Alimentation en eau	21
3.6 - Détection d'incendie	22
3.7 - Signalisation, signalétique et dispositifs de fermeture du tunnel	22
3.7.1 - Signalisation et signalétique des dispositifs de sécurité	22
3.7.2 - Signalisation et dispositifs d'arrêt du trafic	22
3.7.3 - Signalisation d'affectation de voie	23

3.8 - Retransmission des radiocommunications.	23
3.9 - Autres équipements	23
4 - COMPORTEMENT AU FEU	25
4.1 - Réaction au feu des matériaux	25
4.2 - Principes de résistance au feu	25
4.2.1 - Courbes température-temps	25
4.2.2 - Objectifs et niveaux de résistance	26
4.2.3 - Justification de la résistance au feu	27
4.3 - Résistance au feu des structures	27
4.3.1 - Structures principales	27
4.3.2 - Structures de second œuvre	28
4.3.3 - Protection contre la chute d'équipements suspendus en plafond	30
4.4 - Fonctionnement à la chaleur des équipements	30
4.4.1 - Alimentation électrique et télétransmissions	30
4.4.2 - Equipements de ventilation	30
4.4.3 - Retransmission des radiocommunications	31
5 - EXPLOITATION	32
5.1 - Moyens d'exploitation	32
5.1.1 - Degrés de permanence et surveillance	32
5.1.2 - Moyens de secours	33
5.2 - Documents obligatoires	33
5.2.1 - Règlement de circulation	33
5.2.2 - Consignes d'exploitation	33
5.2.3 - Plan d'intervention et de sécurité	34
5.3 - Maintien du niveau de sécurité	34
5.3.1 - Exercices	34
5.3.2 - Retour d'expérience	34
5.4 - Information des usagers	35
6 - CAS PARTICULIER DES TUNNELS URBAINS	36
DE GABARIT AUTORISE INFÉRIEUR OU ÉGAL À 3,50 m	36
6.1 - Ventilation de désenfumage en cas d'incendie	37
6.2 - Résistance au feu.	37
7 - TUNNELS AUTORISÉS AUX VÉHICULES	39
TRANSPORTANT DES MARCHANDISES DANGEREUSES	39
7.1 - Objet et champ d'application du présent chapitre	39
7.2 - Dispositions de génie civil	39
7.2.1 - Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers de l'accès des secours	39
7.2.2 - Pentés transversales	39
7.2.3 - Système d'assainissement	40
7.2.4 - Obstacles	40
7.3 - Equipements de sécurité	40
7.3.1 - Ventilation de désenfumage	40

7.3.2 - Moyens de détection et d'alerte.	41
7.3.3 - Signalisation et dispositifs de fermeture du tunnel	41
7.3.4 - Alimentation en eau.	41
7.3.5 - Autres équipements	42
7.3.6 - Matériel antidéflagrant	42
7.4 - Résistance au feu	42
7.5 - Exploitation	42
ANNEXE 1 : COMPTE-RENDU DES INCIDENTS ET ACCIDENTS SIGNIFICATIFS	44
ANNEXE 2 : TABLEAUX RECAPITULATIFS	47

PRÉAMBULE

La présente instruction a pour objet de définir les dispositions de sécurité à prendre dans les nouveaux tunnels routiers afin de permettre la protection et l'évacuation des usagers et l'intervention des services de secours en cas d'incident ou d'accident, ainsi que de limiter les conséquences d'un tel événement. On désigne ici par incident ou accident tout fait dû à une cause aléatoire, susceptible de mettre en danger les utilisateurs du tunnel : incident affectant gravement les systèmes techniques du tunnel, accident de la route, incendie, libération de matières dangereuses, etc...

Ce texte ne concerne pas les règles de construction relatives à la résistance mécanique et à la pérennité des ouvrages, ni les dispositions et équipements nécessaires pour assurer l'exploitation des tunnels dans le cadre d'un fonctionnement normal.

Si les dispositions de sécurité décrites dans la présente instruction visent à faire face aux incidents ou accidents une fois survenus, on ne saurait trop insister sur l'importance des mesures à caractère préventif de nature à limiter leur nombre et leur gravité, que ces mesures relèvent du domaine de la conception de l'ouvrage ou de celui de son exploitation future. Les dispositions à mettre en œuvre dans ces deux domaines doivent en outre être envisagées concomitamment.

En effet, les conditions futures d'exploitation de l'ouvrage doivent être adaptées aux caractéristiques du tunnel, de ses équipements et de son trafic, et réciproquement. Elles constituent un élément fondamental qui doit être pris en considération très en amont.

Si la conception et l'exploitation doivent respecter les dispositions applicables aux itinéraires à l'air libre, elles doivent aussi tenir compte des particularités liées au caractère souterrain de l'ouvrage.

S'agissant de la conception générale, le choix du nombre de tubes et de leur caractère unidirectionnel ou bidirectionnel doit prendre en considération l'ensemble des paramètres pertinents au regard de la sécurité (trafic total, trafic PL, régime d'autorisation des transports de marchandises dangereuses, risques de congestion, caractéristiques géométriques et de tracé, déclivité, moyens de protection et de sauvegarde, dispositifs de détection d'incidents et d'arrêts de véhicules, équipements de sécurité, mesures d'exploitation,...). De façon générale, les tunnels seront à deux tubes unidirectionnels pour pouvoir admettre un trafic PL supérieur à 4000 véhicules par jour au total dans les deux sens, en moyenne annuelle. En toute hypothèse, comme indiqué dans la suite de la présente instruction, les tunnels non urbains de plus de 500 mètres et urbains de plus de 300 mètres devront comporter, à intervalles réguliers, des issues de secours reliées à l'extérieur.

Dans le même ordre d'idées, le projeteur devra s'interroger sur la possibilité de remplacer un ouvrage long par plusieurs ouvrages plus courts, en particulier dans le cas de tranchées couvertes qui peuvent souvent être interrompues à intervalles réguliers par des sections à l'air libre ou par des couvertures partielles laissant s'échapper les fumées en cas d'incendie ("damiers acoustiques" par exemple).

Pour ce qui concerne les caractéristiques géométriques et les équipements, les problèmes spécifiques, comme par exemple la transition entre le tracé à l'air libre et le milieu beaucoup plus sombre de jour et plus restreint du souterrain, ou encore la limitation de la distance de visibilité par les piédroits et le plafond, devront être étudiés avec la plus grande attention. A ce titre, le lecteur est invité à se reporter aux documents spécialisés établis par le Centre d'études des tunnels (CETU), et notamment au dossier pilote des tunnels, sans oublier les documents concernant toutes les voies routières, notamment ceux établis par le Service d'études des routes et autoroutes (SETRA).

Dans la suite de cette instruction, il est supposé que toutes les mesures à caractère préventif nécessaires ont été prises en amont. Dès lors, ses dispositions visent en cas d'incident ou d'accident les objectifs fondamentaux suivants :

- détecter les situations anormales et assurer la communication avec les usagers (moyens de surveillance et de détection, signalisation, postes téléphoniques d'appel d'urgence, etc.) ;
- permettre la protection et l'évacuation des usagers et l'accès des secours (issues de secours, abris, garages, éclairage de sécurité, ventilation, etc.) ;

- se prémunir et lutter contre l'incendie (réaction et résistance au feu, moyens d'extinction, moyens de communication des services de secours, désenfumage, etc.).

Toutefois, pour faciliter l'utilisation du document, les mesures à prendre ont été classées selon leur nature : génie civil, équipements, comportement au feu, exploitation. Ceci ne doit pas faire perdre de vue le rôle de chacune parmi un ensemble de dispositions complémentaires concourant à un même objectif.

Ainsi les prescriptions du présent texte pourront ne pas être toujours mises en œuvre de façon stricte s'il est démontré que les dispositions proposées assurent un niveau de sécurité globalement au moins équivalent, par exemple en renforçant certains aspects de façon à compenser le niveau plus faible choisi pour d'autres. A défaut de méthodes reconnues pour démontrer que des mesures compensatoires assurent un niveau de sécurité globalement au moins équivalent, on pourra se baser sur les dispositions retenues pour des cas similaires.

Une partie importante des dispositifs et équipements de sécurité est mise en œuvre tout le long du tunnel selon un module répétitif dont la longueur est voisine de 200 m, ou d'un multiple de 200 m pour certains.

Dans la suite du présent document, certains termes seront utilisés avec une signification particulière définie ci-après.

Tunnel à faible trafic : tunnel dont le trafic prévisible de chaque sens, dix ans après la mise en service, est inférieur à la fois à 2 000 véhicules par jour en moyenne annuelle et à 400 véhicules à l'heure de pointe (30^{ème} heure la plus chargée de l'année). Pour l'appréciation de ces critères, les poids lourds seront comptés pour cinq véhicules.

Tunnel urbain : tunnel situé à l'intérieur d'une unité urbaine de plus de 20 000 habitants selon la définition de l'INSEE (cf. Recensement général de la population de 1990 - Composition communale des unités urbaines), et remplissant au moins une des conditions suivantes :

- trafic prévisible d'un sens supérieur à 1 000 véhicules par voie de circulation à l'heure de pointe quotidienne, dix ans après la mise en service,
- risque de remontée de queue en tunnel lié à la présence d'un carrefour non dénivelé peu après une sortie de l'ouvrage, ou à toute autre disposition à caractère permanent (traversée de zone construite dense, etc.)
- existence en tunnel d'échangeurs, d'aménagements destinés aux piétons, aux deux roues, aux transports en commun ou liés à la desserte, etc.

Seront aussi considérés comme urbains les tunnels situés dans des unités urbaines de moins de 20 000 habitants dans lesquels il existe un risque de congestion fréquente.

Tunnel non urbain : tunnel ne satisfaisant pas aux conditions permettant de le considérer comme urbain.

1 - CHAMP D'APPLICATION

Sont considérés comme tunnels pour l'application de la présente instruction toutes les voies routières couvertes, quel que soit leur mode de construction : ouvrages creusés ou immergés, tranchées couvertes, couvertures non transparentes à l'air, couvertures partielles présentant une surface d'ouverture vers l'extérieur inférieure à 1 m² par voie de circulation et par mètre linéaire.

A l'exception de l'alinéa suivant, la présente instruction concerne les projets de construction de tunnels routiers ouverts à la circulation publique dont la longueur est supérieure à 300 m. Pour les tunnels qui comportent plusieurs tubes, elle s'applique dès qu'un tube dépasse cette longueur. Dans ce cas, les limites de longueur figurant dans la suite du texte s'appliquent séparément à chaque tube.

Pour les projets de construction n'entrant pas dans ce champ d'application, cela ne dispense pas d'examiner les problèmes de sécurité et d'adopter les dispositions nécessaires. Celles-ci pourront s'inspirer du présent texte, notamment dans le cas de tunnels successifs présentant des difficultés d'accès, de couvertures partielles présentant une surface d'ouverture vers l'extérieur un peu plus grande que ci-dessus, ou de tunnels autorisés aux véhicules transportant des marchandises dangereuses. Les tunnels de longueur comprise entre 200 et 300 m devront en tout état de cause disposer de deux niches de sécurité (décrites au paragraphe 2.4), de préférence implantées à l'extérieur du tunnel, qui seront équipées d'un poste d'appel d'urgence et d'extincteurs (décrits aux paragraphes 3.4 et 3.5). S'ils sont urbains, ces tunnels devront en outre disposer à chaque tête d'un point d'alimentation en eau (comme décrit au paragraphe 3.5).

A l'exception du chapitre 6, le texte qui suit est applicable aux tunnels dont le gabarit en hauteur autorisé par la signalisation est supérieur à 3,50 m. Le chapitre 6 traite du cas particulier des ouvrages à gabarit plus réduit.

Les chapitres 2 à 6 s'appliquent directement aux tunnels qui sont interdits au transit des marchandises dangereuses (véhicules soumis à l'obligation d'une signalisation particulière en application de l'arrêté du 5 décembre 1996 modifié relatif au transport des marchandises dangereuses par route, dit "arrêté ADR"). Le chapitre 7 prescrit les mesures complémentaires à prévoir lorsque le transit des marchandises dangereuses est autorisé.

2 - DISPOSITIONS DE GÉNIE CIVIL

2.1 - Chaussée et trottoirs

2.1.1 - Largeur pour l'accès des véhicules de secours

Si la circulation est unidirectionnelle, le profil en travers doit être conçu pour permettre l'accès des véhicules de secours, y compris dans le sens normal de la circulation, lorsqu'il y a des véhicules arrêtés sur le nombre nominal de voies de circulation. Si nécessaire on pourra avoir recours à une bande d'arrêt d'urgence ou à une bande dérasée associée à un trottoir franchissable. Toutefois, aucune disposition particulière n'est à prévoir dans les deux cas suivants :

- s'il y a des communications directes avec l'extérieur (décrites au paragraphe 2.2.1),
- s'il existe des communications avec un second tube, accessibles au moins aux piétons (décrites au paragraphe 2.2.2.a), et si en outre la circulation peut facilement être interrompue dans le second tube de façon à permettre le passage des secours.

2.1.2 - Trottoirs

Un trottoir doit être aménagé à droite de chaque sens de circulation afin de permettre aux usagers en détresse ayant dû quitter leur véhicule d'atteindre les équipements de sécurité, ou de sortir du tunnel, en restant en dehors du gabarit latéral de circulation.

Ce trottoir d'une hauteur maximale de 0,25 m ne sera pas séparé de la chaussée par une bordure ou un autre dispositif dépassant cette hauteur. Il présentera les largeurs minimales suivantes au-delà du gabarit latéral de circulation :

- 0,60 m au niveau du sol,
- 0,75 m à une hauteur de 1,50 m au-dessus du sol.

2.1.3 - Revêtement des chaussées

Les couches de roulement drainantes sont proscrites à l'intérieur des tunnels à plus de 50 m des têtes. Si une telle couche de roulement est utilisée aux abords du tunnel, le changement sera effectué dans une zone couverte afin d'éviter de créer, en cas de pluie, un point singulier en termes d'adhérence ou de projections à l'entrée ou à la sortie du tunnel.

2.2 - Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours

Les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours constituent un élément de sécurité essentiel. Dans les tunnels urbains ces aménagements seront prévus systématiquement et leurs accès disposés tous les 200 m environ ; une interdistance plus faible sera retenue dans les tubes fréquemment congestionnés qui comportent plus de trois voies. Dans les tunnels non urbains, ces aménagements seront prévus à partir d'une longueur de 500 m et l'interdistance sera de 400 m environ. Pour les tunnels à faible trafic, il est recommandé de respecter les mêmes prescriptions ; des adaptations pourront toutefois être envisagées en fonction des difficultés de réalisation.

Le choix du type d'aménagement est fait par préférence décroissante selon l'ordre de principe suivant :

- communications directes avec l'extérieur chaque fois qu'elles sont réalisables dans des conditions raisonnables,
- communications entre tubes, lorsqu'il y a deux tubes et que ces communications peuvent être réalisées par l'intermédiaire d'un sas,
- galerie de sécurité parallèle si elle est justifiée par ailleurs,
- abris avec cheminement d'accès protégé de l'incendie si aucune des solutions précédentes n'est retenue.

Les portes situées entre ces aménagements et le tunnel doivent rester fermées lorsqu'elles ne sont pas utilisées. Elles doivent pouvoir être ouvertes par tout usager qui aurait besoin de pénétrer dans les aménagements.

La ventilation des aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours est traitée au paragraphe 3.2.3, leur éclairage au paragraphe 3.3 et leur résistance au feu au paragraphe 4.3.2.

2.2.1 - Communications directes avec l'extérieur

Pour les tunnels dont la chaussée est à moins de 15 m de la surface du sol, notamment les tranchées couvertes, les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours seront constitués par des communications directes avec l'extérieur.

Accessibles aux seuls piétons, ces communications devront avoir au minimum une largeur de 1,40 m et une hauteur de 2,20 m. Elles seront séparées du tunnel par un sas d'au moins 5 m² de surface au sol. Les portes dégageront au moins une largeur de 0,90 m et une hauteur de 2 m et s'ouvriront toutes dans le sens tunnel vers extérieur. Communications et sas devront permettre le passage d'un brancard de 0,70 m de largeur et 2,30 m de longueur. Les deux portes du sas pourront être ouvertes simultanément pour permettre le passage d'un brancard.

Les communications ne devront pas pouvoir être empruntées depuis l'extérieur par des personnes non autorisées.

Pour les tunnels dont la chaussée est à plus de 15 m du sol, la réalisation de communications directes avec l'extérieur n'est pas obligatoire et elle sera comparée avec les solutions décrites au paragraphe 2.2.2.

2.2.2 - Aménagements en souterrain

En l'absence de communications directes avec l'extérieur, les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours seront réalisés selon les dispositions suivantes :

a) Tunnels à deux tubes

Les communications entre tubes constituent une bonne solution pour l'évacuation des usagers à condition qu'une simple porte ne conduise pas à déboucher du tube où a lieu l'incident ou l'accident directement sur une voie de l'autre tube (qui peut encore être sous circulation). Aussi de telles communications seront réalisées chaque fois qu'il sera possible d'aménager un sas d'une surface d'au moins 15 m² entre les deux tubes. Si cela n'est pas possible (par exemple tubes séparés par un simple voile en béton), il conviendra d'adopter une des solutions décrites ci-après pour les tunnels à un tube.

Le paragraphe 2.3.1 indique dans quels cas certaines communications entre tubes doivent être accessibles aux véhicules de secours et quelles sont alors les caractéristiques de celles-ci.

Les communications destinées aux piétons auront au moins une largeur de 1,80 m pour permettre également le passage des matériels incendie (notamment dévidoir) et une hauteur de 2,20 m. Les portes devront laisser une largeur de passage de 1,40 m et présenter une hauteur minimale de 2 m. Elles s'ouvriront dans le sens tunnel vers communication. Si la dénivellation entre les tubes ne rend pas possible le passage d'un dévidoir (présence d'un escalier), les communications entre tubes et leurs portes respecteront les dimensions minimales décrites au paragraphe 2.2.1 pour les communications directes avec l'extérieur. Les communications seront fermées en temps normal de façon à éviter le passage d'air et de fumées d'un tube à l'autre.

b) Tunnels à un tube

En présence d'un seul tube, il faut avoir recours soit à une galerie de sécurité, soit à des abris reliés à l'extérieur du tunnel par un cheminement protégé du feu.

Galerie de sécurité parallèle au tunnel

Une galerie de sécurité parallèle au tunnel ne sera réalisée que si elle est justifiée pour des raisons techniques (galerie de reconnaissance par exemple). Les communications entre le tunnel et la galerie de sécurité seront en principe accessibles uniquement aux piétons. Chaque fois que possible, elles seront munies d'un sas. La galerie de sécurité, les communications, et les sas lorsqu'ils existent, présenteront au minimum les caractéristiques prescrites au paragraphe 2.2.1 pour les communications directes avec l'extérieur.

Abris (antérieurement appelés refuges, notamment dans la circulaire 81-109 du 29/12/1981)

Lorsque aucune des solutions précédentes ne s'applique, des abris seront construits afin d'offrir aux usagers un lieu sûr en attendant de pouvoir être évacués. Chaque abri offrira au moins une surface de 50 m², une largeur minimale de 4 m, une hauteur minimale de 2,20 m, et une hauteur moyenne de 2,50 m. L'entrée sera munie d'un sas présentant les caractéristiques décrites au paragraphe 2.2.1 pour les sas des communications directes avec l'extérieur.

Les abris devront être reliés à l'extérieur du tunnel par un cheminement protégé de l'incendie et destiné aux secours. Celui-ci devra en outre permettre d'évacuer les personnes réfugiées dans les abris. Celles-ci ne devront toutefois pas pouvoir l'emprunter sans être guidées par les services de secours ou d'exploitation. Le cheminement n'aura pas lieu d'être aménagé comme une galerie de sécurité. Il devra dégager au minimum une hauteur de 1,50 m sur une largeur de 1,40 m, et une hauteur de 2 m sur une largeur de 0,90 m (située à l'intérieur de la largeur précédente de 1,40 m). Son plancher devra au moins supporter une charge répartie équivalente à 2,5 kPa sur toute sa surface. Cette condition ne préjuge pas d'autres exigences liées aux besoins de l'exploitation. Une gaine de ventilation pourra être utilisée à cette fin à condition qu'elle puisse être mise en léger soufflage d'air frais pendant un incendie (ce mode de ventilation devant rester compatible avec les scénarios de secours retenus). Les gaines d'amenée d'air frais réversibles en extraction

des fumées sont exclues pour cet usage. Les communications entre ce cheminement et les abris pourront avoir des caractéristiques réduites par rapport aux communications décrites précédemment, mais elles devront permettre le passage d'un brancard des dimensions indiquées au paragraphe 2.2.1.

Utilisation d'engins de secours motorisés adaptés

Dans les tunnels de plus de 5000 m de longueur qui ne sont pas à faible trafic, la galerie de sécurité parallèle au tunnel ou les cheminements permettant d'accéder aux abris devront pouvoir être empruntés par les engins motorisés adaptés à leur géométrie, décrits au paragraphe 5.1.2.

2.3 - Aménagements destinés aux véhicules de secours

Les aménagements destinés aux véhicules de secours doivent pouvoir être utilisés par un fourgon-pompe-tonne présentant une longueur de 8 m, une largeur de 2,50 m et un diamètre de braquage entre murs de 19 m.

2.3.1 - Aménagements en tunnel

Dans les tunnels de plus de 1000 m de longueur, il convient de permettre tous les 800 m environ le passage des véhicules de secours d'un tube à l'autre s'il y a deux tubes et que cette disposition est possible, ou leur retournement dans les autres cas.

Dans les tunnels à deux tubes où des galeries de communications entre tubes sont prévues en application du paragraphe 2.2.2.a, ceci sera réalisé en rendant certaines des communications accessibles aux véhicules de secours.

Les galeries accessibles aux véhicules de secours devront avoir au minimum une largeur de 5 m entre piédroits. Elles présenteront au minimum une largeur roulable de 3,50 m et une hauteur de 3,50 m sur cette largeur. Leur pente ne dépassera pas 15 %. Elles seront équipées de portes dégageant au minimum une largeur de 3,50 m et une hauteur de 3,50 m. La géométrie des extrémités des galeries et des portes devra permettre le passage du véhicule de secours décrit ci-dessus sans marche arrière. Des portes de dimensions plus réduites, dégageant une largeur de 0,90 m et une hauteur de 2 m, seront en outre prévues pour le passage des piétons. Les portes seront fermées en temps normal de façon à éviter le passage d'air et de fumées d'un tube à l'autre.

Si des galeries de communications entre tubes n'ont pas été prévues en application du paragraphe 2.2, des communications seront réalisées à l'usage exclusif des véhicules de secours (dans le cas général des tranchées couvertes comportant des communications directes avec l'extérieur, il s'agit alors de simples portes aménagées dans le piédroit central). Celles-ci ne pourront être ouvertes que par les services de secours ou d'exploitation.

Les dispositions précédentes ne s'appliquent pas si les deux tubes sont superposés ou à des niveaux très différents.

Dans les tunnels comportant un seul tube, ou deux tubes sans possibilité de communication pour les véhicules, le retournement des véhicules de secours sera assuré avec une marche arrière au maximum sous une hauteur de 3,50 m. Ceci peut être obtenu en réalisant des galeries de retournement dont les dimensions dépendent de la largeur roulable dans le tunnel et de la présence éventuelle d'un élargissement à cet endroit.

2.3.2 - Aménagements aux têtes

Il sera prévu à l'extérieur à proximité des têtes, sur la droite de la ou des voies entrantes, et en dehors des voies de circulation, un emplacement de 12 m de longueur sur 3 m de largeur pour le stationnement d'un véhicule des services de secours.

En outre, pour tous les tunnels à deux tubes, un aménagement permettant aux véhicules de secours de passer d'une chaussée à l'autre sera prévu à l'extérieur à proximité de chaque tête.

Pour les tunnels à un tube, des possibilités de retournement des véhicules de secours seront prévues à l'extérieur à proximité des têtes.

Si les dispositions ci-dessus ne sont pas envisageables à proximité immédiate des têtes, elles seront reportées dans une zone aussi proche que possible.

2.4 - Niches de sécurité

Les niches de sécurité sont destinées à recevoir divers équipements de sécurité, notamment les postes d'appel d'urgence et les extincteurs. Il est vivement recommandé de les munir de portes permettant de limiter le niveau de bruit à l'intérieur et de protéger les équipements de la salissure. Même dans le cas où elles sont munies de portes et mises en légère surpression, les niches ne sont pas destinées à protéger des usagers des effets d'un incendie. Toutes dispositions seront prises pour éviter que les usagers puissent se méprendre sur ce point.

Des niches de sécurité doivent être prévues tous les 200 m environ à l'intérieur du tunnel, ainsi qu'à proximité de chaque extrémité. Ces dernières seront de préférence placées à l'extérieur du tunnel. S'il existe des garages, une niche devra être prévue dans chacun, ou à proximité immédiate en cas d'impossibilité.

Les niches sont implantées sur le côté droit de chaque sens de circulation :

- d'un seul côté si le trafic est unidirectionnel,
- des deux côtés et face-à-face si le trafic est bidirectionnel.

Afin qu'un usager puisse utiliser sans difficulté le poste d'appel d'urgence et les extincteurs mis à sa disposition dans les niches, celles-ci devront avoir les dimensions minimales suivantes :

- largeur : 1,5 m,
- profondeur : 1 m,
- hauteur : 2 m sur toute la surface.

Ces dimensions seront éventuellement à adapter en fonction des autres matériels de secours à installer et des circonstances particulières. Notamment si des appareils d'incendie (bouche ou poteau) sont installés, on devra respecter les dispositions relatives au volume de dégagement prescrit par la norme NFS 62-200. Les niches seront accessibles depuis la chaussée sans dénivellation supérieure à celle d'une bordure de trottoir (cf. paragraphe 2.1.2).

Sauf impossibilité, les niches ne devront pas être en saillie par rapport à l'alignement des piédroits. Si exceptionnellement elles sont en saillie, un dispositif particulier destiné à protéger les automobilistes et les utilisateurs de la niche en cas de choc devra être mis en place ; en outre les largeurs minimales de passage sur le trottoir définies au paragraphe 2.1.2 devront être maintenues au droit de la niche.

Si les niches de sécurité sont munies de portes, l'ouverture de celles-ci ne devra pas engager le gabarit latéral de circulation des véhicules qui comprend la bande d'arrêt d'urgence, si elle existe.

Les niches de sécurité sont distinctes des aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours décrits au paragraphe 2.2, ce qui n'exclut pas qu'elles soient situées à proximité de ceux-ci. Eventuellement les équipements de la niche de sécurité peuvent être installés avant les portes d'accès à ces aménagements.

2.5 - Niches incendie

Les appareils d'incendie dont l'alimentation en eau est traitée au paragraphe 3.5.2 sont placés de préférence dans des niches distinctes des niches de sécurité. Cette disposition est obligatoire dans le cas où ces dernières sont munies de portes.

Les dimensions des niches incendie devront respecter les dispositions relatives au volume de dégagement prescrit par la norme NFS 62-200 relative au matériel de lutte contre l'incendie - poteaux et bouches d'incendie - règles d'installation. De préférence les niches et leur équipement ne devront pas faire saillie par rapport à l'alignement des piédroits. Si exceptionnellement ils sont en saillie, un dispositif particulier destiné à protéger les automobilistes en cas de choc devra être mis en place ; en outre, les largeurs minimales de passage sur le trottoir définies au paragraphe 2.1 devront être maintenues au droit de la niche.

Les niches incendie ne sont disposées que d'un seul côté.

2.6 - Hélistrace

Lorsque la longueur du tunnel dépasse 3000 m et si les accès dans la zone s'avèrent difficiles, une zone susceptible d'être utilisée comme hélistrace sera recherchée, si possible à chaque tête si le tunnel est bidirectionnel.

2.7 - Dispositifs évitant le passage des fumées d'un tube dans l'autre

Dans les tunnels à deux tubes, si un incendie se déclare dans un tube, la fumée produite ne doit pas envahir l'autre tube.

Toutes précautions doivent être prises pour éviter ce phénomène au niveau des séparations entre tubes (notamment étanchéité des parois et des dispositifs traversant celles-ci) et des extrémités (mur de séparation des sens de circulation ou décalage des têtes par exemple, à prévoir dès la conception du projet).

Lorsque des dispositions telles que décrites ci-dessus ne sont pas réalisables aux extrémités, les consignes d'utilisation de la ventilation en cas d'incendie seront conçues de façon à éviter tout risque d'entraînement des fumées d'un tube dans l'autre.

2.8 - Garages

Dans les tunnels de plus de 1000 m de longueur qui ne sont pas à faible trafic, lorsque la largeur disponible pour les véhicules ne permettra pas la circulation sur le nombre nominal de files au droit d'un véhicule arrêté, des garages seront prévus tous les 800 m environ, cette distance étant à moduler en fonction des déclivités.

2.9 - Accessibilité aux personnes handicapées

Il n'est pas souhaitable que dans un tunnel sous circulation normale, des personnes handicapées ne pouvant se déplacer qu'en fauteuil roulant quittent leur véhicule par leurs propres moyens. Une telle action est en effet dangereuse car elle implique un empiétement sur au moins une voie de circulation. Ce risque ne se présente pas dans les garages ; aussi est-il nécessaire que les niches de sécurité situées dans les garages soient conçues pour permettre l'accès de ces personnes handicapées.

Pour leur permettre de se mettre à l'abri en cas d'accident grave ou d'incendie, les personnes handicapées se déplaçant en fauteuil roulant devront pouvoir franchir les sas séparant du tunnel les communications directes avec l'extérieur (décrites au paragraphe 2.2.1), pénétrer dans les communications entre tubes (paragraphe 2.2.2.a), accéder à la galerie de sécurité parallèle ou aux abris s'il en existe (paragraphe 2.2.2.b), sans l'aide d'une tierce personne. Il n'est toutefois pas exigé que ces personnes handicapées puissent emprunter ces diverses communications par leurs propres moyens jusqu'à la sortie. Elles pourront communiquer avec l'extérieur au moyen des postes d'appel d'urgence placés dans ces aménagements (comme décrit au paragraphe 3.4).

3 - ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ

3.1 - Alimentation électrique

Des prises électriques seront prévues dans les niches de sécurité. Elles comprendront au moins une prise secteur 1P + T + N d'un minimum de 2,5 kVA et une prise de puissance 3P + T + N d'un minimum de 12 kVA.

3.1.1 - Alimentation secourue sans coupure

Afin que les usagers puissent se mettre hors de danger et que les premiers secours puissent intervenir en cas d'incident ou d'accident survenant lors d'une coupure de l'alimentation électrique extérieure, les équipements de sécurité indispensables seront alimentés par une source d'énergie électrique sans coupure (généralement un ensemble chargeur - batterie - onduleur), d'une autonomie d'au moins une demi-heure en cas de défaillance de l'alimentation électrique extérieure. Les équipements concernés sont notamment les suivants, lorsque le projet prévoit leur réalisation :

Equipements généraux tels que :

- éclairage de sécurité et plots de balisage lumineux (définis au paragraphe 3.3),
- éclairage des aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours (défini au paragraphe 3.3),
- signalisation et signalétique des dispositifs de sécurité (définies au paragraphe 3.7),
- capteurs de pollution et anémomètres,
- systèmes de collecte, de traitement local et de transmission des informations,
- équipements concourant au maintien du fonctionnement des salles de contrôle et de commande.

Equipements de gestion du trafic tels que :

- dispositifs de signalisation (signalisation d'arrêt du trafic, feux d'affectation de voies, panneaux à message variable, etc.),
- télévision en circuit fermé, détection automatique d'incident ou d'incendie,
- équipements de retransmission des radiocommunications,
- barrières de fermeture du tunnel et de neutralisation de voie.

Si le tunnel est équipé d'abris mais ne dispose pas d'une alimentation secourue de puissance (traitée ci-dessous), l'éclairage et la ventilation des abris et de leurs cheminements d'accès, ainsi que tous les autres équipements nécessaires à leur utilisation, devront être alimentés par une source sans coupure d'une autonomie de deux heures.

3.1.2 - Alimentation secourue de puissance

Dans tous les tunnels dotés d'une installation de ventilation, le système d'alimentation électrique devra être maintenu en cas de coupure du réseau (par exemple au moyen d'une double alimentation assurée par deux liaisons issues de départs distincts du distributeur ou par la mise en place d'un groupe électrogène d'une autonomie d'au moins quatre heures) ainsi qu'en cas de défaillance partielle du matériel (par exemple en doublant les transformateurs afin d'assurer leur secours mutuel).

Cette alimentation électrique devra pouvoir reprendre le fonctionnement des équipements alimentés par la source sans coupure (décrits au paragraphe 3.1.1). Elle devra assurer à pleine puissance le fonctionnement de la ventilation des abris et de leurs cheminements d'accès, de l'installation de désenfumage d'un seul tube (même si le tunnel en compte deux), des équipements nécessaires pour maintenir la surpression du réseau d'eau ainsi que le fonctionnement simultané de deux des prises électriques de puissance installées dans les niches de sécurité. Elle pourra n'assurer qu'une puissance réduite pour le reste de l'installation de ventilation ainsi que pour l'éclairage de base et de renforcement.

Pour les tunnels qui ne comportent pas de ventilation, deux cas sont à considérer :

- le niveau de service de l'itinéraire sur lequel se situe l'ouvrage n'est pas compatible avec une fermeture du tunnel dans le cas d'une coupure du réseau. L'alimentation électrique devra alors être maintenue comme précédemment afin d'assurer le fonctionnement de l'ensemble des équipements, en particulier l'éclairage de base et de renforcement dont la puissance pourra être réduite.
- la fermeture du tunnel peut être admise dans le cas d'une défaillance du réseau. Il n'y a alors pas lieu de prévoir des dispositions autres que l'alimentation secourue sans coupure définie précédemment.

3.2 - Ventilation

3.2.1 - Ventilation pour maintenir la qualité de l'air

Le présent texte ne vise que les situations d'incident ou d'accident et ne préjuge pas des dispositions nécessaires pour assurer la qualité de l'air en exploitation normale.

La ventilation doit permettre de ne pas dépasser pour les usagers un niveau de pollution de 150 ppm d'oxyde de carbone et un coefficient d'absorption par unité de longueur K de 9.10^{-3} m^{-1} en tout point du tunnel suite à un blocage accidentel de la circulation. Le dimensionnement doit considérer le nombre de véhicules susceptibles d'être présents dans le tunnel compte tenu des mesures d'exploitation visant à fermer l'accès dès qu'un accident est détecté.

3.2.2 - Ventilation de désenfumage en cas d'incendie

Les objectifs de la ventilation de désenfumage en cas d'incendie sont les suivants :

- permettre aux usagers d'assurer leur propre sauvegarde, en leur donnant plus de facilité pour percevoir les issues ou abris mis à leur disposition et s'y rendre ;
- une fois les secours arrivés, faciliter l'action de ceux-ci pour venir à l'aide des usagers qui n'auraient pu se mettre hors de danger et pour attaquer le feu.

Les dispositions qui suivent devront être mises en œuvre en vue de ces objectifs. Toutefois les phénomènes thermodynamiques mis en jeu en cas d'incendie sont très complexes. En conséquence, ces dispositions ne pourront pas toujours garantir que les résultats recherchés, comme par exemple la stratification des fumées, puissent être rigoureusement obtenus.

Des dispositions permettant d'assurer le désenfumage sont nécessaires au-delà des longueurs de tunnel suivantes :

- 300 m pour un tunnel urbain,
- 500 m pour un tunnel non urbain qui n'est pas à faible trafic (cette limite pourra être portée à 800 m à condition de compenser l'absence de désenfumage en renforçant les aménagements d'évacuation et de protection des usagers décrits au paragraphe 2.2),
- 1000 m pour un tunnel à faible trafic.

Dans certains cas où il n'existe pas de solution de désenfumage bien adaptée, il est possible de déroger aux limites précédentes sous réserve de mesures compensatoires portant notamment sur les aménagements d'évacuation et de protection des usagers, dans l'esprit de ce qui est indiqué dans le préambule du présent texte. De la même façon, les prescriptions ci-après concernant les systèmes de désenfumage pourront être adaptées, ou d'autres principes de désenfumage pourront être retenus, à condition d'atteindre un niveau de sécurité au moins équivalent, si nécessaire en utilisant certaines mesures compensatoires.

Les dispositions qui suivent sont basées sur un incendie de dimensionnement de poids lourd présentant les caractéristiques suivantes :

- puissance thermique de 30 MW (dont on pourra supposer qu'un tiers est dissipé par rayonnement au niveau du foyer),
- débit de fumées de 80 m³/s lorsque celles-ci sont stratifiées (ce débit, mesuré à la température des fumées, représente la somme des débits des produits de combustion et des gaz entraînés dans le foyer et non brûlés).

Pour l'application de ces dispositions, on pourra considérer à titre d'ordre de grandeur comme défavorables mais non exceptionnelles des conditions adverses dues aux effets atmosphériques qui ne devraient être dépassées que pendant moins de 5 % du temps. Leur détermination donnera lieu à des études spécifiques, sans qu'il puisse être exigé une précision qui serait illusoire en ce domaine.

La façon d'assurer le désenfumage dépend du système de ventilation installé. Les dispositions ci-après correspondent aux deux principales familles de systèmes :

- les systèmes de ventilation longitudinaux ont pour but de créer un courant d'air de même vitesse sur toute la longueur du tunnel, ou sur des tronçons successifs séparés par des dispositifs d'extraction et/ou injection d'air. Ceci est généralement obtenu au moyen de ventilateurs de jet, ou accélérateurs, suspendus à la voûte.
- les systèmes semi-transversaux et transversaux permettent d'injecter et/ou d'aspirer de l'air à intervalles réguliers dans le tunnel. Dans le système semi-transversal, il n'y a pas d'aspiration en fonctionnement normal, mais seulement injection d'air frais. Dans le système transversal, il est en outre possible d'extraire de l'air vicié en fonctionnement normal. En cas d'incendie, l'extraction des fumées est obtenue au moyen d'une gaine réservée au désenfumage ou servant habituellement à l'aspiration d'air vicié, ou par des rejets directs à l'air libre, ou encore en inversant la circulation d'air dans des gaines d'air frais.

Dans toute la mesure du possible, le système longitudinal doit être préféré aux systèmes semi-transversaux et transversaux dans les tunnels unidirectionnels non urbains.

a) Prescriptions pour le désenfumage en ventilation longitudinale

Principe et dimensionnement

Le principe de ce type de désenfumage consiste à pousser les fumées vers une sortie du tunnel. L'installation doit être capable d'assurer une vitesse moyenne du courant d'air d'au moins 3 m/s dans la section du tunnel en amont du foyer.

Dans les tunnels unidirectionnels, la direction normale du désenfumage est celle de la circulation automobile. Toutefois, le sens de soufflage des ventilateurs devra pouvoir être inversé ; ce cas de fonctionnement exceptionnel ne sera pas pris en compte pour le dimensionnement de l'installation.

Dans les tunnels bidirectionnels, l'installation devra être en mesure d'assurer dans les deux directions la vitesse de courant d'air définie ci-dessus. Si toutefois il est possible aux secours d'accéder aux deux têtes dans des conditions de rapidité globalement équivalentes, il suffira que l'installation puisse assurer la vitesse ci-dessus dans la direction où elle est la plus facile à obtenir.

La vitesse de dimensionnement doit pouvoir être obtenue avec des véhicules arrêtés dans le tunnel, dont le nombre tiendra compte du délai de fermeture en cas d'incendie.

Sauf dans ceux des tunnels bidirectionnels où la vitesse prescrite ne doit être assurée que dans la direction où elle est la plus facile à obtenir, il convient de prendre en compte, lorsqu'il est défavorable, l'effet "cheminée" qui tend à faire monter les fumées du côté haut du tunnel s'il n'est pas horizontal, ainsi que des effets atmosphériques défavorables mais non exceptionnels.

Il convient en outre de tenir compte d'une part de la diminution de l'efficacité des ventilateurs qui fonctionnent dans de l'air chaud, et d'autre part de la perte de ceux qui seront détruits par la chaleur (cf. paragraphe 4.4.2.a). Dans les tunnels de plus de 800 m de longueur, le dimensionnement s'appuiera sur le calcul de ces deux effets. Dans les tunnels de moins de 800 m de longueur, il n'est généralement pas possible de respecter strictement la condition ci-dessus. On pourra alors prendre en compte ces deux effets en majorant forfaitairement la poussée résultant des alinéas précédents de 30 % pour les tunnels de moins de 500 m de longueur, et de 50 % dans les autres cas.

Cas où l'emploi de la ventilation longitudinale est possible

Tunnel unidirectionnel non urbain

Le système de ventilation longitudinal peut être appliqué pour le désenfumage jusqu'à la longueur maximale d'application de ce système pour assurer la qualité de l'air, et au maximum jusqu'à une longueur

de 5 000 m. Cette longueur peut être augmentée en réalisant des systèmes d'extraction massive au minimum tous les 5 000 m, dimensionnés comme il est décrit au paragraphe suivant.

Tunnel unidirectionnel urbain

En raison du risque de congestion en aval, il est recommandé de ne pas appliquer le système de ventilation longitudinal au delà d'une longueur de 500 m. Il peut toutefois être utilisé jusqu'à une longueur de 800 m si toutes les conditions sont réunies pour contrôler le courant d'air longitudinal en cas d'incendie (comme décrit ci-dessous dans le paragraphe sur la mise en œuvre en cas d'incendie).

Il est possible d'étendre ces longueurs d'application en réalisant des systèmes d'extraction massive suivant le cas tous les 500 m ou tous les 800 m. Ces extractions seront dimensionnées de façon à pouvoir aspirer la totalité du débit d'air provenant de la direction de l'incendie, y compris les fumées produites par celui-ci, ainsi que l'air entraîné provenant de l'autre direction et s'écoulant à une vitesse minimale de 1 m/s.

Dans le cas où des extractions massives de fumées sont mises en œuvre, le contrôle de la vitesse longitudinale de l'air revêt une importance particulière. Une vitesse insuffisante à l'amont de l'incendie conduit en effet à un reflux des fumées sur les usagers susceptibles d'être bloqués par l'incendie, alors qu'une vitesse trop forte conduit à l'entraînement des fumées au-delà de l'extraction massive. Ce contrôle de la vitesse du courant d'air requiert donc une action étudiée à l'avance. Le dimensionnement et les consignes de mise en œuvre des installations devront être établis sur la base de l'étude de scénarios.

Tunnel bidirectionnel non urbain

Lorsque le trafic n'est pas faible, le système peut s'appliquer jusqu'à une longueur de 1000 m. Son utilisation n'est toutefois possible qu'à condition de renforcer les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers.

En cas de faible trafic, le système longitudinal peut en principe s'appliquer jusqu'à une longueur de 1500 m. Selon les circonstances particulières du tunnel, il est toutefois possible de l'utiliser au-delà de cette longueur, au besoin avec des mesures compensatoires, si les solutions alternatives de ventilation n'offrent pas de meilleures garanties.

Tunnel bidirectionnel urbain

Le système longitudinal est à proscrire pour le désenfumage de ce type de tunnel.

Mise en œuvre en cas d'incendie

Pour l'exploitation de la ventilation longitudinale en cas d'incendie, plusieurs cas doivent être distingués.

Tunnel unidirectionnel non urbain

La ventilation doit être mise en fonctionnement aussitôt que possible à un régime permettant d'obtenir au moins 3 m/s dans le sens de la circulation.

Tunnel unidirectionnel urbain

Si la longueur du tunnel ne dépasse pas 500 m, ou si la distance entre deux extractions massives ne dépasse pas cette valeur, la ventilation doit être mise en œuvre comme dans le cas précédent (s'il y a des extractions massives, ceci s'applique à la section où est survenu l'incendie).

Dans le cas contraire, la mise en œuvre de la ventilation doit être adaptée aux circonstances de la circulation au moment de l'incendie. Si celle-ci n'est pas congestionnée, la ventilation doit être mise en œuvre comme dans le cas précédent. En présence de congestion, dans une première phase, la ventilation doit autant que possible maintenir un courant d'air réduit (de l'ordre de 1 à 2 m/s) dans le sens de la circulation de façon à limiter la remontée de fumée vers les usagers arrêtés en amont de l'incendie, tout en maintenant une certaine stratification des fumées de façon à ne pas gêner l'évacuation des usagers qui peuvent se trouver en aval ; dans une seconde phase, une fois ces derniers en lieu sûr, la ventilation doit pouvoir être portée à un régime permettant d'obtenir au moins 3 m/s dans le sens de la circulation.

L'exploitation de la ventilation en deux phases en cas de congestion est délicate et doit être réservée à des tunnels disposant d'un niveau d'équipement et d'exploitation élevés (de préférence degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance tels que décrits au paragraphe 5.1.1, sinon utilisation d'automatismes, avec dans tous les cas une maintenance très suivie des équipements). Si un dispositif automatique est utilisé, l'installation doit comporter une détection d'incendie et une détection de congestion, afin de déclencher le régime de ventilation approprié à la première phase de l'incendie. Dans tous les cas, la mise en œuvre et le contrôle de ce régime exigent un équipement suffisant en anémomètres. La mise en route de la deuxième phase nécessite une action humaine (elle peut être assurée par les services de secours lorsqu'ils sont arrivés sur place).

Tunnel bidirectionnel non urbain

Dans une première phase, il faut s'efforcer de limiter autant que possible le courant d'air longitudinal afin de maintenir au mieux la stratification des fumées et permettre l'évacuation des usagers ; dans une seconde phase, la lutte contre le feu peut nécessiter que la ventilation fonctionne à un régime suffisant pour pousser toutes les fumées d'un seul côté du foyer (vitesse longitudinale de l'air de 3 m/s).

L'exploitation de la ventilation en deux phases impose une action humaine ou un dispositif automatique comportant une détection d'incendie, afin de déclencher le régime de ventilation approprié à la première phase de l'incendie. En outre la mise en œuvre et le contrôle de ce régime exigent un équipement suffisant en anémomètres. La mise en route de la deuxième phase nécessite dans tous les cas une action humaine (elle peut être assurée par les services de secours lorsqu'ils sont arrivés sur place).

Les dispositions ou équipements ci-dessus sont indispensables dès que le fonctionnement de la ventilation est nécessaire pour maintenir la qualité de l'air en dehors du cas de l'incendie. En leur absence, la ventilation doit rester arrêtée en temps normal et n'est activée que par les services de secours ou d'exploitation lorsqu'ils sont sur place.

b) Prescriptions pour le désenfumage en ventilation semi-transversale ou transversale.

Objectifs du désenfumage et conditions nécessaires

Lors d'un incendie, les objectifs recherchés avec ces systèmes de ventilation sont de maintenir le plus possible la stratification naturelle des fumées en partie haute du tunnel de manière à conserver une couche d'air pur au voisinage de la chaussée, et d'extraire les fumées au moyen d'un système d'aspiration situé au niveau du plafond. L'aspiration des fumées de l'incendie de référence fixé ci-avant doit pouvoir être obtenue sur une longueur de l'ordre de 400 m en tunnel urbain et de 600 m en tunnel non urbain.

Ces objectifs sont rendus plus difficiles par la présence d'un courant d'air longitudinal qui doit être contrôlé de manière telle que la stratification des fumées soit maintenue le plus possible. Pour ce faire, au droit de l'incendie, la vitesse longitudinale de l'air doit être rendue aussi faible que possible. Celle-ci résulte de plusieurs actions : effet de pistonement des véhicules encore en mouvement, effet cheminée dû à la pente du tunnel, différence des pressions atmosphériques entre les têtes, écart entre les débits d'air aspirés et les débits d'air insufflés.

Dans les zones où peuvent se trouver des usagers, il est nécessaire d'assurer un certain apport d'air frais (longitudinalement depuis des zones du tunnel exemptes de fumées, ou transversalement par insufflation depuis des gaines). Cependant le maintien de la stratification naturelle des fumées implique, dans les zones où elles sont présentes, de pas souffler de l'air frais en plafond, et de n'insuffler de l'air frais en bas de piédroit qu'à un régime réduit.

Disposer de cantons de ventilation d'une longueur limitée et en nombre suffisant, dont les débits (extraction et apport d'air frais) puissent être réglés de manière indépendante, facilite l'amenée d'air frais auprès des usagers en cas d'incendie et offre des possibilités de contrôle du courant d'air longitudinal.

Si les cantons de soufflage en air frais ont une longueur supérieure à 800 m, il faut ménager la possibilité d'insuffler de l'air frais en partie basse du tunnel en toutes circonstances. Ceci impose à la fois la présence de bouches de soufflage en bas de piédroit, et la possibilité de maintenir en permanence en air frais la gaine qui les alimente.

S'il est envisagé d'avoir recours à des accélérateurs pour faciliter la maîtrise du courant d'air longitudinal, toutes précautions doivent être prises pour éviter la mise en route de ceux-ci dans la zone enfumée, ou à proximité et en direction de celle-ci, ce qui aurait pour effet de provoquer la déstratification quasi-immédiate des fumées.

Le contrôle de la vitesse longitudinale de l'air pendant l'incendie requiert une action étudiée à l'avance et continue. La consistance de l'installation de ventilation résulte donc de la prise en compte de scénarios d'incendie combinant les divers facteurs énoncés ci-dessus.

La mise en route du désenfumage nécessite dans tous les cas une présence humaine ou un dispositif automatique comportant une détection d'incendie.

Les dispositifs de ventilation doivent être conçus de manière à ce que la panne d'un élément ne mette hors service qu'une partie de l'installation globale : plusieurs ventilateurs fonctionnant en parallèle sur le même circuit ou ventilateur de secours pouvant être raccordé à plusieurs circuits, ou encore secours mutuel entre ventilateurs de deux cantons successifs.

Prescriptions concernant le contrôle du courant d'air longitudinal

Les prescriptions données plus loin pour l'extraction des fumées dépendent de la possibilité ou non de contrôler le courant d'air longitudinal. Le courant d'air sera considéré comme contrôlé pour les besoins du désenfumage lorsque les conditions suivantes seront remplies. Dans tous les cas, celles-ci devront être vérifiées en cas d'effets atmosphériques défavorables mais non exceptionnels, et en tenant compte des effets de l'incendie sur le courant d'air, notamment de l'éventuel effet "cheminée".

Tunnels unidirectionnels non urbains

L'installation devra être capable de maintenir en amont de l'incendie le courant d'air dans le sens de la circulation. Ainsi le courant d'air restera dans une direction favorable pour les usagers bloqués derrière l'incendie. S'il est faible, les fumées pourront remonter en direction de ceux-ci, mais sous forme d'une nappe stratifiée en plafond qui pourra être extraite par le système de désenfumage. S'il est important, toutes les fumées seront repoussées en aval du feu et leur déstratification ne créera pas un danger pour les usagers.

Tunnels unidirectionnels urbains

Comme dans le cas précédent, l'installation devra être capable de maintenir en amont de l'incendie le courant d'air dans le sens de la circulation. Simultanément, la vitesse du courant d'air devra pouvoir être limitée à 2 m/s dans la zone de l'incendie de façon à limiter la déstratification des fumées et à permettre l'évacuation des personnes qui pourraient être bloquées en aval de l'incendie. Lors de la mise en œuvre du système, on s'efforcera de limiter le courant d'air à 1,5 m/s chaque fois que possible.

Tunnels bidirectionnels (urbains et non urbains)

L'installation de ventilation devra être en mesure de limiter à 1,5 m/s la vitesse moyenne du courant d'air longitudinal en toute section de la zone de l'incendie.

Les conditions de contrôle du courant d'air longitudinal décrites dans les alinéas précédents doivent être satisfaites si possible à partir d'une longueur de 1500 m pour les tunnels urbains, et en tout état de cause à partir de 3000 m pour les tunnels urbains et non urbains.

Pour les tunnels plus courts, le contrôle du courant d'air longitudinal est plus délicat, en raison notamment du nombre limité de cantons de ventilation. On peut alors renoncer à satisfaire aux conditions précédentes, mais majorer le débit d'extraction à titre compensatoire, comme il est prévu ci-après en l'absence de contrôle du courant d'air longitudinal. Dans ce cas, il convient cependant de prévoir et mettre en œuvre des consignes d'exploitation de la ventilation en cas d'incendie qui visent à se rapprocher des conditions précédentes chaque fois qu'il est possible.

Systèmes d'extraction des fumées

Il existe deux dispositifs d'aspiration des fumées : bouches ouvertes en permanence, ou trappes à ouverture télécommandée. Dans la suite du présent paragraphe, lorsque des bouches non télécommandées sont regroupées en cantons commandés indépendamment d'une longueur ne dépassant pas 400 m pour un

tunnel urbain et 600 m pour un tunnel non urbain, elles seront assimilées à des trappes dont l'ouverture est télécommandée.

Lorsque le tunnel dispose en permanence de moyens humains permettant une commande rapide et précise (degrés D2, D3 ou D4 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), il est recommandé de réaliser l'extraction des fumées au moyen de trappes en plafond dont l'ouverture est télécommandée. Ce système est en effet le plus efficace s'il est correctement utilisé, car il permet de concentrer l'extraction à proximité du foyer. Les trappes sont espacées de 50 m environ dans les tunnels urbains et de 100 m au maximum dans les tunnels non urbains.

Les gaines équipées de trappes d'extraction télécommandées subissent des fuites qui peuvent être importantes si elles sont trop longues. Ceci impose des précautions tant au niveau de la conception que de la réalisation et de l'entretien des trappes. En outre, lorsque la longueur d'un canton dépasse 800 m, le débit d'aspiration doit être majoré pour tenir compte de ces pertes, notamment au bout d'un certain nombre d'années d'exploitation, ainsi que des fuites des gaines. On s'efforcera d'éviter des gaines d'une longueur supérieure à 3000 m entre la première et la dernière trappe. Dans le cas contraire, une attention toute particulière sera portée au dimensionnement du débit d'aspiration afin d'intégrer toutes les pertes prévisibles à terme, et à l'entretien qui devra comporter des visites d'autant plus fréquentes que les gaines seront longues.

Si les conditions d'exploitation ne permettent pas une action rapide et précise en cas d'incendie, il faut généralement renoncer aux trappes télécommandées et utiliser des bouches d'aspiration ouvertes en permanence. Si la gaine sur laquelle sont installées ces bouches est réservée à la seule extraction, celles-ci seront espacées de 50 m (tunnel urbain) à 100 m (maximum pour un tunnel non urbain). Si au contraire la gaine sert à l'amenée d'air frais en temps normal et à l'aspiration des fumées en cas d'incendie, on pourra avoir recours à des bouches plus petites et plus rapprochées de manière à uniformiser la distribution de l'air frais.

Débit d'aspiration des fumées lorsque des trappes télécommandées sont utilisées

Dans tous les cas, le débit d'aspiration doit être majoré par rapport au débit de fumées produit par l'incendie pour tenir compte de l'inévitable entraînement d'air frais au niveau de l'extraction.

Lorsque le courant d'air est considéré comme contrôlé ainsi qu'il a été défini ci-avant, une majoration d'un tiers du débit de fumées produit par l'incendie sera retenue pour des trappes situées en plafond. Pour l'incendie de référence (qui produit $80 \text{ m}^3/\text{s}$ de fumées), ceci conduit à un débit minimal d'extraction d'environ $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Des trappes qui ne sont pas situées dans le plafond, mais latéralement en haut des piédroits, sont moins efficaces et ne sont admises que sous réserve d'une majoration plus importante du débit d'aspiration, donnant lieu à des justifications spécifiques par référence à des modèles.

Dans tous les cas, il est recommandé de limiter la vitesse moyenne nominale de l'air aspiré à 15 m/s au passage des trappes. Celle-ci est appréciée en divisant le débit minimal d'extraction requis par la surface totale des trappes ouvertes.

Le débit d'aspiration sera réparti sur une longueur maximale de 400 m en tunnel urbain et de 600 m en tunnel non urbain.

Lorsque l'installation ne permet pas de considérer le courant d'air longitudinal comme contrôlé, on apportera une certaine compensation en augmentant le débit d'extraction. Celui-ci sera au minimum égal au débit de fumées de l'incendie de dimensionnement ($80 \text{ m}^3/\text{s}$) augmenté d'un débit (en m^3/s) égal à une fois et demie la section transversale intérieure du tunnel (en m^2). Ainsi par exemple, pour une section intérieure de 50 m^2 , le débit d'extraction sera au moins de $155 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce débit tient compte à la fois de la majoration nécessaire pour tenir compte de l'entraînement d'air frais au niveau de l'extraction et de la compensation destinée à prendre en compte une insuffisante maîtrise du courant d'air longitudinal.

Débit d'aspiration des fumées lorsque l'ouverture des bouches n'est pas télécommandée

Lorsque l'ouverture des bouches n'est pas télécommandée, il faut disposer sur toute longueur de 400 m en tunnel urbain et de 600 m en tunnel non urbain du débit d'aspiration qui serait nécessaire avec des trappes télécommandées ($110 \text{ m}^3/\text{s}$ si le courant d'air longitudinal peut être considéré comme contrôlé, débit des fumées augmenté d'une fois et demie la section intérieure du tunnel dans le cas contraire). Ce débit

constitue le minimum qu'il est nécessaire d'installer, même si la longueur est inférieure à 400 m pour un tunnel urbain ou à 600 m pour un tunnel non urbain.

c) Mise en œuvre du désenfumage

Quel que soit le type de ventilation installé, les consignes d'exploitation devront préciser les régimes de désenfumage à mettre en œuvre en cas d'incendie. Il est recommandé que le désenfumage fasse l'objet de régimes de fonctionnement préprogrammés pour faire face aux premières minutes après l'alerte. Ceux-ci sont déclenchés par l'opérateur s'il y a des moyens humains permettant cette action (degrés D2, D3 ou D4 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), ou automatiquement sinon. La commande doit pouvoir être manuelle par la suite et prioritaire sur l'automatisme. Elle doit de préférence se faire depuis le poste de contrôle s'il existe. En l'absence de poste de contrôle, un coffret avec une commande manuelle est installé aux têtes du tunnel.

Dans tous les cas il convient que le régime de ventilation approprié au désenfumage soit opérationnel dans un délai de quelques minutes à partir du moment où la commande est lancée. Le respect de cette condition devra être justifié dans le projet. Elle peut conduire à rejeter certains dispositifs trop lents à réagir. Elle peut éventuellement peser sur l'exploitation de la ventilation en conditions normales, de façon à permettre le passage aux conditions prescrites pour le désenfumage dans un délai suffisamment court.

Le régime mis en œuvre au moment de l'alerte doit autant que possible être corrigé dès que les conditions sont stabilisées dans le tunnel (notamment lorsque les effets d'entraînement dus aux mouvements des véhicules ont disparu), et ultérieurement en fonction des modifications éventuelles des circonstances (développement du feu, effets météorologiques) et des besoins (évacuation des usagers, attaque du feu).

3.2.3 - Ventilation des aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours

a) Communications entre tubes

Les sas réalisés dans les communications entre tubes devront disposer d'un système de ventilation permettant de les mettre en surpression d'environ 80 Pa par rapport au tube où se produit un incident ou accident.

b) Galerie de sécurité parallèle au tunnel

Pendant toute utilisation, la galerie sera ventilée et les sas de communication (ou la galerie elle-même en l'absence de sas) seront mis en surpression d'environ 80 Pa par rapport au tunnel.

c) Abris

Les abris seront dotés d'un système de ventilation spécifique. La qualité de l'air sera maintenue en permanence par un renouvellement du volume de l'abri trois fois par heure.

Pendant l'occupation d'un abri, la ventilation devra être automatiquement renforcée pour assurer un débit global de 2500 m³/h pour une surface au sol de 50 m². Cela devra pouvoir être réalisé simultanément dans trois abris au moins. La circulation de l'air se fera dans le sens abri - sas - tunnel de manière à maintenir l'atmosphère de l'abri en surpression d'environ 80 Pa par rapport au tunnel.

Pendant toute utilisation, le cheminement servant à l'accès des secours et à l'évacuation des personnes réfugiées dans les abris sera ventilé de façon à assurer la qualité de l'air.

En cas d'utilisation, la température ambiante de l'air d'un abri ou d'un cheminement d'accès devra être maintenue à moins de 40 °C pendant le temps fixé pour l'évacuation des abris (cf. paragraphe 4.2.2). Cette condition sera vérifiée pour un incendie de 200 MW, dans les conditions d'emplacement du feu et de ventilation du tunnel les plus défavorables (y compris non fonctionnement du désenfumage).

La ventilation des abris et de leurs cheminements d'accès devra être conçue suivant le principe de la redondance des installations : au moins deux ventilateurs fonctionnant en parallèle, ou ventilateur de secours.

3.3 - Eclairage

Le présent texte n'aborde l'éclairage artificiel des tunnels qu'en ce qui concerne son rôle pour la sécurité en cas d'incident ou d'accident. Ceci ne préjuge pas des dispositions qui sont nécessaires pour assurer aux automobilistes des conditions de visibilité suffisantes en exploitation normale.

Pour permettre aux usagers d'évacuer le tunnel en cas de panne de l'alimentation électrique, il doit être prévu un éclairage de sécurité assurant un niveau minimal d'éclairement sur la chaussée et les trottoirs de 10 lux en moyenne, et de 2 lux en tout point. Cet éclairage n'est pas obligatoire dans les tunnels à faible trafic.

Afin d'assurer un jalonnement lumineux au cas où les fumées d'un incendie masqueraient l'éclairage placé en hauteur (et en cas de panne de l'alimentation électrique dans les tunnels à faible trafic qui ne disposent pas d'un éclairage de sécurité), des plots de balisage lumineux (ou hublots de jalonnement) seront placés à 1 m de hauteur environ sur chaque piédroit tous les 10 m environ. Ils seront allumés en permanence.

Les aménagements pour l'évacuation des usagers et l'accès des secours seront pourvus d'un éclairage assurant, lorsque ces aménagements sont utilisés, un niveau minimal d'éclairement de 10 lux en moyenne, et de 2 lux en tout point. Un éclairage de confort assurant un niveau moyen de 150 lux sera assuré dans les abris lorsqu'ils sont utilisés. Les cheminements servant à l'accès des secours dans les abris et à l'évacuation des personnes qui y sont réfugiées feront l'objet d'un balisage lumineux.

3.4 - Postes d'appel d'urgence

Des postes d'appel d'urgence seront placés dans les niches de sécurité prévues au paragraphe 2.4 et dans les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers prévus au paragraphe 2.2.

Les postes d'appel d'urgence installés dans les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers devront être utilisables par les personnes handicapées se déplaçant en fauteuil roulant. Il est recommandé qu'il en soit de même pour les postes placés dans les niches de sécurité situées dans les garages, s'il en existe (cf. paragraphe 2.9).

Les abris disposeront en outre d'un dispositif séparé de sonorisation (haut-parleur).

3.5 - Moyens de lutte contre l'incendie

3.5.1 - Extincteurs

Des extincteurs portatifs normalisés, au nombre de deux, d'une capacité unitaire conseillée de 6 kg et de performances au moins 13A et 183B, seront placés dans les niches de sécurité prévues au paragraphe 2.4. Il est recommandé d'utiliser des extincteurs à eau avec additif.

3.5.2 - Alimentation en eau

L'installation d'une alimentation en eau n'est pas obligatoire dans les tunnels non urbains de moins de 500 m de longueur. Dans les autres cas, sauf accord entre les services locaux sur des dispositions différentes, une canalisation en eau devra être installée.

Des appareils d'incendie de type bouche ou poteau d'incendie disposant de 120 m³ à la pression de 0,6 MPa seront installés tous les 200 m environ. Dans le cas d'un tunnel présentant une dénivellation, on admettra une fourchette de 0,4 à 0,8 MPa. Le débit à la sortie d'un point d'eau devra être de 60 m³/h. Deux points d'eau doivent pouvoir être utilisés simultanément. Les niches où placer les appareils d'incendie font l'objet du paragraphe 2.5.

La canalisation ne devra pas être en matière plastique. L'ensemble des installations devra être protégé contre les effets du gel.

Lorsque des surpresseurs sont installés, le débit requis devra pouvoir être obtenu en cas de panne de l'un d'entre eux. Dans les tunnels de plus de 1000 m de longueur qui ne sont pas à faible trafic, l'alimentation devra pouvoir être maintenue, avec au moins la moitié de sa capacité, en cas de rupture locale d'une canalisation.

La canalisation d'eau pourra être remplacée par des piquages sur le réseau de distribution publique.

On pourra utiliser des colonnes sèches, à condition qu'elles débouchent à l'extérieur à moins de 60 m d'une borne incendie. La longueur en traînage des colonnes sèches ne devra pas excéder 800 m.

3.6 - Détection d'incendie

Dans les tunnels où il n'y a pas une surveillance humaine permanente (degrés D1, D2 ou D3 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), un système de détection automatique d'incendie est nécessaire lorsque le régime de ventilation à mettre en œuvre en cas d'incendie n'est pas celui qui s'applique automatiquement en cas de forte pollution du tunnel. Le système de détection doit mettre en route automatiquement le régime de ventilation applicable en cas d'incendie et déclencher une alarme dans le service qui assure la permanence 24 heures sur 24 (voir paragraphe 5.1.1).

Lorsque la ventilation est de type longitudinal, le paragraphe 3.2.2.a précise dans quels cas cet équipement est nécessaire.

Lorsque la ventilation est de type transversal ou semi-transversal, une détection d'incendie est toujours nécessaire en l'absence d'une surveillance humaine permanente (degrés D1, D2 ou D3 de permanence et surveillance).

Dans les tunnels disposant d'une surveillance humaine permanente (degré D4), l'utilité d'une détection automatique d'incendie doit être examinée en fonction de l'importance du tunnel et du trafic, notamment poids lourds, et de la présence d'autres équipements pouvant assurer une fonction similaire (détection automatique d'incident tout particulièrement).

3.7 - Signalisation, signalétique et dispositifs de fermeture du tunnel

Dans un tube normalement unidirectionnel, si une circulation bidirectionnelle est admise dans certaines situations d'exploitation, la signalisation et la signalétique devront prendre en compte ce type de circulation, au moins de façon simplifiée.

3.7.1 - Signalisation et signalétique des dispositifs de sécurité

Une signalisation ou signalétique lumineuse permanente sera mise en place pour signaler à l'attention des usagers les dispositifs de sécurité à leur disposition tels que postes d'appel d'urgence, extincteurs, aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers, garages. Lorsque des fréquences radio destinées aux usagers sont retransmises en tunnel (cf. paragraphe 3.8), une signalisation appropriée sera placée avant l'entrée afin de porter celles-ci à la connaissance des usagers et de les inciter à écouter l'une d'elles.

3.7.2 - Signalisation et dispositifs d'arrêt du trafic

Dans tous les cas, une signalisation permettant d'interdire l'accès de l'ouvrage en cas de besoin doit être prévue à une cinquantaine de mètres avant chaque entrée, distance à adapter en fonction des contraintes du site (visibilité de la signalisation à l'approche, visibilité de la tête de tunnel depuis le point d'arrêt, etc.). Cette distance est nécessaire pour permettre l'accès et les manœuvres des services de secours. La signalisation d'arrêt (y compris la pré-signalisation associée) doit être intégrée au système global de gestion de trafic de l'itinéraire sur lequel est situé le tunnel, afin d'orienter les usagers vers d'autres itinéraires bien avant l'entrée.

Pour les tunnels de plus de 800 m de longueur surveillés en permanence ou non (degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), cette signalisation sera complétée par un dispositif télécommandé de fermeture physique (barrière) et par un panneau à message variable permettant

d'informer les usagers des raisons de la fermeture. La signalisation sera si nécessaire renforcée pour limiter le risque d'accident dû à la fermeture d'une barrière.

A l'intérieur des tunnels de plus de 1000 m de longueur surveillés en permanence ou non (degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance), des feux seront placés tous les 800 m environ afin de faire arrêter les usagers circulant dans le tunnel au moment où l'alarme est reçue. Chaque feu sera associé à un panneau à message variable permettant d'informer les usagers des raisons de l'arrêt.

En l'absence de surveillance permanente (degrés D1, D2 ou D3), il doit être prévu un boîtier de commande prioritaire de la signalisation à la disposition des forces de police en cas de besoin. Celui-ci est installé en principe du côté droit dans le sens entrant ou du côté de la bande d'arrêt d'urgence s'il en existe une, au niveau des têtes ou à proximité immédiate.

3.7.3 - Signalisation d'affectation de voie

Pour les tunnels de plus de 800 m de longueur qui font l'objet d'une surveillance humaine permanente ou non (degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance) et possèdent plus d'une voie par sens, la signalisation doit comporter des signaux d'affectation de voies en amont de l'ouvrage (au moins deux lignes), puis à la tête, et ensuite à l'intérieur du tunnel avec une interdistance de l'ordre de 200 m en tunnel urbain et 400 m en tunnel non urbain, interdistance susceptible d'être réduite de façon à assurer la continuité de la lisibilité de la signalisation.

3.8 - Retransmission des radiocommunications.

Afin de permettre la continuité des communications des véhicules de secours, notamment entre le lieu de l'incident et l'extérieur du tunnel, il convient d'assurer la retransmission de leurs radiocommunications en souterrain à partir d'une longueur de 500 m dans les tunnels urbains et de 800 m dans les tunnels non urbains.

Dans les tunnels à faible trafic, la retransmission des radiocommunications des services de secours peut être remplacée par deux lignes téléphoniques fixes permettant de communiquer entre les niches de sécurité, y compris celles situées aux têtes.

Si des stations de radiodiffusion sont retransmises, et s'il existe un poste de contrôle, ces retransmissions doivent pouvoir être interrompues pour diffuser des messages de sécurité destinés aux usagers. Afin de permettre cette action, et lorsqu'il existe une surveillance humaine, permanente ou non (degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), au moins une fréquence destinée aux usagers sera retransmise à partir d'une longueur de 800 m dans les tunnels urbains et de 1000 m dans les tunnels non urbains qui ne sont pas à faible trafic. Il reste toujours préférable de retransmettre un plus grand nombre de fréquences.

3.9 - Autres équipements

En fonction des risques présentés par le tunnel et son trafic, et de son mode d'exploitation (cf. chapitre 5), les dispositifs suivants peuvent être prévus :

- anneaux de relevage, en fonction des moyens locaux de dépannage et d'intervention,
- alarme à l'ouverture des portes de niches, des sorties de secours, des abris et au décroché des extincteurs,
- réseau de surveillance par télévision,
- détection automatique d'incident,
- boutons poussoirs d'alarme avec indication que l'appel a été reçu,
- retransmission des communications des téléphones portables (afin que les usagers puissent donner une alerte rapide et obtenir si besoin des informations en cas d'incident ou d'accident).

Un réseau de surveillance par télévision couvrant la totalité de l'intérieur du tunnel et ses abords immédiats, ainsi qu'un système de détection automatique d'incidents, sont obligatoires lorsqu'une surveillance humaine, permanente ou non, est assurée (degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1). Un réseau de surveillance par télévision peut aussi être nécessaire en l'absence d'une surveillance humaine lorsque le service assurant la permanence doit prendre des décisions

qui nécessitent la connaissance des conditions régnant dans le tunnel (degré D2 de permanence et surveillance).

En cas d'alarme susceptible d'être la conséquence d'un incident ou accident, les images télévisées montrant la zone d'où provient l'alarme doivent être enregistrées automatiquement de façon à permettre l'analyse ultérieure de l'incident ou de l'accident éventuel. Il s'agit d'une prescription minimale : un système comportant un enregistrement systématique de toutes les images et leur conservation pendant quelques minutes en temps normal et pendant une durée indéfinie en cas d'alarme offre bien sûr de meilleures possibilités d'analyse ultérieure. Les informations parvenant à l'installation de gestion technique centralisée, lorsqu'elle existe, ainsi que les commandes données par l'intermédiaire de cette installation, ou générées par celle-ci, doivent être enregistrées aux mêmes fins.

4 - COMPORTEMENT AU FEU

4.1 - Réaction au feu des matériaux¹

Les matériaux de construction des structures principales et de second œuvre du tunnel, exception faite des éléments de chaussée, doivent être classés M0 du point de vue de la réaction au feu. Cette classe s'impose aussi pour les matériaux constitutifs des systèmes de drainage, y compris les caniveaux à fente éventuels et les collecteurs. La seule exception concerne les éléments de plafond d'une couverture légère pour lesquelles la classe M2 est admise : la perte locale de certains de ces éléments ne présente pas d'inconvénient pour la sécurité à condition que les risques de propagation de l'incendie soient limités ; elle peut même présenter des avantages pour l'évacuation des fumées.

Les matériaux utilisés en revêtement intérieur doivent être classés M0 lorsqu'ils sont situés en plafond. Des matériaux classés M1 sont admis en revêtement latéral sous réserve de justifications particulières concernant l'absence de risque de propagation du feu dans les conditions d'utilisation en tunnel.

La classe M1 est admise pour les équipements divers à l'intérieur du tunnel, notamment les chemins de câbles. Les câbles circulant à l'intérieur du tunnel doivent être de catégorie C1 s'ils ne sont pas placés dans des cheminements protégés des effets d'un incendie. Les câbles circulant dans les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours (décrits au paragraphe 2.2), ainsi que ceux situés dans les gaines d'amenée d'air frais, doivent aussi être de catégorie C1 ; ils doivent en outre répondre aux dispositions de l'article 4 de l'arrêté du 21 juillet 1994 s'ils sont placés en nappe et dans une position verticale ou quasi-verticale sur plus d'une dizaine de mètres (puits d'amenée d'air frais par exemple).

4.2 - Principes de résistance au feu²

Le présent texte fixe les exigences de résistance au feu minimales pour assurer la sécurité des personnes, y compris celle des services de secours pendant leur intervention. Le maître d'ouvrage peut retenir des niveaux de résistance plus élevés dans le but d'assurer une meilleure protection du tunnel et de limiter les réparations et la durée de fermeture après un incendie.

4.2.1 - Courbes température-temps

Deux courbes température-temps seront utilisées selon les cas pour la justification de la résistance au feu des structures et de certains équipements.

Les incendies à montée en température relativement lente, mais le cas échéant de longue durée, seront caractérisés par la courbe température-temps normalisée définie à l'annexe XI de l'arrêté du 3 août 1999 (courbe identique à celle de la norme ISO 834). Les exigences de résistance vis à vis de cette courbe sont exprimées dans la suite du présent texte par les lettres CN suivies de la durée de résistance en minutes (par exemple CN 120 signifie justification avec la courbe normalisée pendant 120 minutes).

Un incendie de poids lourd peut présenter une montée en température beaucoup plus rapide que cette courbe, tout particulièrement s'il implique des marchandises très combustibles et liquides ou facilement liquéfiables, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour le transport. De tels feux seront caractérisés par une courbe dite "de feu d'hydrocarbures majorée" qui atteint 1200 °C en moins de dix minutes et 1300 °C environ vingt minutes plus tard. On peut par exemple utiliser l'équation suivante :

$$\Theta = 1\,280 (1 - 0,325 e^{-0,167 t} - 0,675 e^{-2,5 t}) + 20$$

où : Θ est la température des gaz en degrés Celsius,
t est le temps en minutes.

¹ La réaction au feu d'un matériau est son aptitude, dans des conditions spécifiées, à participer, notamment par sa propre décomposition, au feu auquel il est exposé. La classification des matériaux de construction et d'aménagement selon leur réaction au feu fait l'objet de l'arrêté du 30 juin 1983 modifié. La classification du comportement au feu (et notamment de la réaction au feu) des conducteurs et câbles électriques fait l'objet de l'arrêté du 21 juillet 1994.

² La résistance au feu d'un élément est son aptitude à conserver, malgré le développement d'un incendie, dans des conditions spécifiées et pendant une durée déterminée, l'ensemble des propriétés nécessaires à son utilisation. La résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, fait l'objet de l'arrêté du 3 août 1999.

Les exigences de résistance vis à vis de cette courbe sont exprimées dans la suite par les lettres HCM suivies de la durée de résistance en minutes.

Lorsque deux durées correspondant à deux courbes température-temps différentes sont spécifiées, la justification sera faite indépendamment avec chaque courbe pendant la durée spécifiée pour celle-ci (par exemple CN 240 HCM 120 signifie deux justifications séparées, l'une avec la courbe normalisée pendant 240 minutes, l'autre avec la courbe de feu d'hydrocarbures majorée pendant 120 minutes).

4.2.2 - Objectifs et niveaux de résistance

La résistance au feu exigée des structures et des équipements vise les principaux objectifs suivants :

- protéger les usagers qui ont pénétré dans les aménagements d'évacuation (à l'exception des abris, traités à l'alinéa suivant), pendant le temps nécessaire pour gagner la sortie, qui est fixé à 60 minutes en raison de la présence possible de personnes handicapées ayant besoin d'une aide extérieure pour sortir,
- assurer la protection des usagers réfugiés dans des abris, s'il en existe, et permettre leur évacuation par les services de secours, pendant le temps d'évacuation des abris, fixé à 120 minutes,
- ne pas mettre en danger les services de secours, et notamment les pompiers, pendant le temps pour l'action des secours, fixé à 120 minutes,
- maintenir l'alimentation électrique et les communications de part et d'autre du foyer pendant la durée maximale d'incendie,
- éviter toute inondation ou tout envahissement du tunnel par le terrain encaissant à caractère catastrophique pendant la durée maximale d'incendie,
- protéger les éventuels ouvrages ou bâtiments proches ou en surface pendant la même durée maximale d'incendie.

Sous réserve d'un accord entre les différents services locaux concernés, les durées fixées ci-dessus pourront être réduites pour tenir compte des conditions particulières d'intervention des secours ou de la configuration des lieux (par exemple sortie des aménagements d'évacuation accessible sans aide extérieure aux personnes handicapées se déplaçant en fauteuil roulant, ce qui peut permettre de réduire le temps nécessaire pour gagner la sortie jusqu'à 15 minutes). Ceci pourra conduire à modifier pour le projet concerné la durée d'application des exigences des niveaux N1 ou N2 définis ci-après. Dans tous les cas, la durée maximale d'incendie est fixée à 240 minutes avec la courbe normalisée et 120 minutes avec la courbe de feu d'hydrocarbures majorée.

En ce qui concerne les structures, afin de répondre à ces objectifs sans surcoût inutile, il est défini ci-après quatre niveaux de résistance au feu correspondant à des exigences croissantes. Le détail de leur application à chaque cas de structure est décrit au paragraphe 4.3. La résistance au feu des équipements fait l'objet du paragraphe 4.4.

Niveau N0

Ce niveau correspond à la vérification de l'absence de risque d'effondrement en chaîne en cas de rupture locale : la perte d'un élément ne doit pas entraîner un report de charge sur d'autres parties de la structure, susceptible de provoquer leur rupture. En revanche, il n'est pas demandé de se prémunir contre le risque que la perte d'un élément entraîne une augmentation des températures dans d'autres parties de la structure, et que cet échauffement puisse provoquer leur rupture par la suite.

Ce niveau constitue l'exigence minimale à laquelle doit satisfaire toute structure. Elle doit être vérifiée pendant l'incendie et après celui-ci pendant le refroidissement. Les structures répondant aux niveaux de résistance plus élevés décrits ci-après doivent aussi répondre à cette exigence.

Ce niveau est appliqué lorsqu'une rupture locale au droit du foyer n'a pas de conséquence dommageable sur la sécurité des usagers ou des services de secours susceptibles d'être présents dans d'autres zones où la température est moins élevée.

Niveau N1

Ce niveau correspond à l'exigence CN 120. Pour la grande majorité des incendies, mais pas pour les plus violents, il garantit la résistance de la structure considérée pendant le temps pour l'action des secours. Il s'applique aux éléments de structure qui participent à une fonction importante pour l'intervention des secours, lorsque cette fonction n'est en tout état de cause pas dimensionnée pour l'incendie maximal possible.

Niveau N2

Ce niveau correspond à l'exigence HCM 120. Il s'applique aux installations qui doivent être préservées quelle que soit la violence de l'incendie pendant les temps pour l'évacuation des abris et l'action des secours.

Niveau N3

Ce niveau correspond à l'exigence CN 240 HCM 120. Il s'applique aux installations qui doivent résister à l'incendie le plus violent pendant la durée maximale d'incendie.

4.2.3 - Justification de la résistance au feu

La justification de la résistance au feu des structures et équipements doit se faire par réalisation d'essais, par référence à des essais antérieurs, par le calcul ou par une combinaison de ces différents moyens, conformément aux dispositions de l'arrêté du 3 août 1999.

La justification par le calcul sera basée sur les méthodes indiquées à l'article XII de cet arrêté. Les éléments dont la résistance au feu ne peut être déterminée que par l'essai seront justifiés selon les méthodes indiquées dans ce même arrêté. Lorsque la courbe HCM est prescrite :

- pour la justification par le calcul, il conviendra de l'utiliser dans les conditions décrites pour la courbe de feu d'hydrocarbures dans le document XP ENV 1991-2-2, et notamment avec le même coefficient de transfert thermique par convection α_c ;
- pour la justification par essais, ceux-ci seront menés en développant les actions thermiques induites par la courbe HCM, les procédures et protocoles d'application étant adaptés de ceux prévus dans la norme EN 1363-2 pour la courbe de feu d'hydrocarbures.

Dans l'état actuel des modélisations numériques, le calcul ne pourra être utilisé seul pour justifier une structure en béton lorsqu'il y a risque d'éclatement de celui-ci. Ce risque existe systématiquement lorsque la courbe HCM est utilisée et peut exister lorsque la courbe CN est utilisée avec des bétons à hautes performances.

La vérification du béton armé devra porter sur la tenue des armatures à la température, leur enrobage, la fissuration, les conséquences des dilatations et devra tenir compte de l'éclatement éventuel du béton. Les joints ne devront pas réduire la résistance au feu de l'ensemble. Dans le cas des gaines de ventilation, il sera tenu compte des températures susceptibles de régner à l'intérieur de celles-ci. Le mode d'accrochage des faux-plafonds devra garantir contre tout risque de rupture fragile et d'effondrement en chaîne, y compris après extinction de l'incendie.

En l'absence de mode opératoire d'essai ou de méthode de calcul normalisé ou officiellement admis, l'utilisateur du présent texte est invité à prendre contact avec le Centre d'Etudes des Tunnels pour s'informer des éventuels modes opératoires ou méthodes déjà utilisés dans des cas semblables ou en cours d'élaboration.

4.3 - Résistance au feu des structures

4.3.1 - Structures principales

Les tunnels creusés non revêtus ne font l'objet d'aucune exigence particulière de résistance au feu.

La structure principale des autres tunnels doit satisfaire au niveau N0 lorsqu'une rupture locale au droit du foyer n'a pas de conséquence dommageable pour la sécurité des personnes susceptibles d'être présentes dans d'autres zones. Dans les autres cas, décrits ci-après, la stabilité au feu devra être vérifiée pour un niveau supérieur.

Niveau N1

Le niveau N1 de stabilité au feu s'applique pour les structures qui supportent une voie routière ou une zone accessible aux piétons située au-dessus.

Le niveau N1 s'applique aussi lorsque la structure est nécessaire pour maintenir la stabilité d'un autre tube ou la séparation avec celui-ci, lorsqu'il existe par ailleurs des communications directes avec l'extérieur. La structure devra alors présenter respectivement une stabilité au feu ou un degré coupe-feu de ce niveau.

Dans tous les cas ci-dessus, il sera nécessaire de prévoir des mesures pour interdire en un temps court la circulation sur la voie portée ou dans le second tube. Si cela n'est pas possible, ou si la stratégie d'intervention nécessite de préserver la voie portée ou le second tube, un niveau plus élevé de résistance au feu sera retenu.

Le niveau N1 de stabilité sera aussi appliqué si une rupture locale de la structure risque de couper une gaine de ventilation ou des câbles longitudinaux dont le maintien de la continuité au droit du foyer est important pour l'action des secours, mais qui n'entrent pas dans les cas décrits ci-après qui justifient l'application du niveau N2.

Niveau N2

Le niveau N2 s'applique lorsque la structure est nécessaire pour maintenir la stabilité d'un autre tube ou la séparation avec celui-ci dans le cas où il n'y a pas de communications directes avec l'extérieur. La structure devra alors présenter respectivement une stabilité au feu ou un degré coupe-feu de ce niveau.

Le niveau N2 de stabilité au feu sera aussi appliqué si une rupture locale de la structure risque de couper une gaine de ventilation ou des câbles longitudinaux nécessaires à l'utilisation des abris et des cheminements qui permettent d'y accéder depuis l'extérieur.

Niveau N3

Le niveau N3 de stabilité au feu est nécessaire pour les tunnels immergés, ainsi que pour les tunnels situés sous le niveau d'une nappe phréatique et présentant des risques comparables d'inondation en cas d'effondrement local. Il s'applique de la même façon si une rupture locale de la structure risque d'entraîner un envahissement catastrophique du tunnel par le terrain encaissant, de provoquer des dommages graves en surface ou de mettre en péril un autre ouvrage.

Lorsque le tunnel est contigu à une structure habitée ou occupée, ou situé sous celle-ci, il faut assurer avec le niveau N3 le caractère coupe-feu des parois ou dalles mitoyennes et la stabilité au feu des parties du tunnel qui constituent des éléments de la structure porteuse des bâtiments en superstructure.

4.3.2 - Structures de second œuvre

Seules les situations les plus fréquemment rencontrées sont examinées ci-après. Il existe beaucoup de cas particuliers qui demandent un examen spécifique. Lorsqu'un même élément de structure est passible de niveaux différents au titre des diverses dispositions des paragraphes 4.3.1 et 4.3.2, ce sont les dispositions les plus sévères qui s'appliquent.

a) Faux-plafonds et parois séparant des gaines de ventilation

Les faux-plafonds et les parois servant à délimiter une gaine de ventilation par rapport au tunnel, de même que l'ensemble des parois des gaines de ventilation, doivent satisfaire au niveau N0 lorsque la perte de leur continuité au droit du foyer n'a pas de conséquence dommageable pour la sécurité des personnes susceptibles d'être présentes dans d'autres zones du tunnel. Dans les autres cas, décrits ci-après, la stabilité au feu devra être vérifiée pour un niveau supérieur.

Pour les gaines dont la continuité au droit d'un incendie est importante pour l'action des secours, mais qui n'ont pas de rôle dans la ventilation ou l'évacuation des abris, les parois communes avec le tunnel seront stables au feu pour le niveau N1. En outre, lorsque ces parois ne comportent pas d'ouvertures communiquant avec le tunnel, en permanence ou non, elles seront coupe-feu de ce niveau.

Pour les gaines servant à la ventilation des abris, les parois communes avec le tunnel doivent présenter un degré coupe-feu de niveau N2. Celles qui sont utilisées comme cheminement pour accéder aux abris sont traitées au c) ci-après.

Dans tous les cas, si d'autres éléments du tunnel participent à la stabilité d'une gaine, ils doivent être stables au feu du même niveau indiqué ci-dessus pour les parois de la gaine communes avec le tunnel.

Lorsque des gaines sont susceptibles d'être utilisées pour extraire des fumées, les parois communes avec d'autres gaines ou installations seront coupe-feu de degré 120 minutes vis-à-vis des températures les plus défavorables susceptibles de régner de chaque côté.

b) Locaux techniques et stations de ventilation

Si des locaux techniques, en particulier des stations de ventilation, sont implantés à côté, au dessus ou en dessous du tunnel, les parois ou les dalles mitoyennes doivent être examinées sous le double aspect du risque entraîné pour le tunnel par un incendie survenant à l'intérieur du local, et du risque de perte des fonctions assurées dans le local en raison d'un incendie se produisant dans le tunnel.

Vis à vis du risque d'un incendie survenant dans le local, les éléments mitoyens avec le tunnel présenteront un degré coupe-feu de niveau N1.

Vis-à-vis d'un incendie se produisant dans le tunnel, les éléments mitoyens avec le local présenteront au minimum un degré coupe-feu de niveau N1. Le niveau N2 sera retenu si la perte du local risque d'affecter le fonctionnement des équipements, notamment de ventilation, nécessaires à l'utilisation des abris et des cheminements qui permettent d'y accéder depuis l'extérieur. Le niveau N3 sera appliqué si la perte du local risque d'interrompre la continuité de l'alimentation électrique ou des télécommunications au droit de l'incendie.

Si un local communique directement avec le tunnel, les éléments de construction obturant la communication devront présenter un degré coupe-feu du même niveau, spécifié ci-dessus, que la paroi. S'il y a un sas, le niveau coupe-feu devra être obtenu globalement pour le sas.

c) Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours

Les sas et les parois séparant le tunnel d'une communication directe avec l'extérieur (décrite au paragraphe 2.2.1) devront présenter un degré coupe-feu global CN 60.

Lorsque des communications sont prévues entre les deux tubes d'un tunnel (comme décrit aux paragraphes 2.2.2.a et 2.3.1), et si les deux tubes ont une paroi commune, les portes et/ou fermetures obturant la communication seront coupe-feu de même niveau que la paroi. Si les deux tubes n'ont pas de paroi commune, les éléments de construction obturant les communications devront présenter un degré coupe-feu entre les deux tubes de niveau N2. Lorsqu'un sas est aménagé, ces degrés coupe-feu devront être obtenus globalement pour le sas aménagé entre les deux tubes.

Lorsqu'une galerie de sécurité est aménagée, les éléments de construction obturant les communications avec le tunnel doivent présenter un degré coupe-feu global de niveau N2. Il en est de même pour d'éventuelles parois communes avec le tunnel.

Lorsque des abris sont prévus, les parois qui les séparent du tunnel et les sas qui assurent la communication avec celui-ci doivent présenter un degré coupe-feu global de niveau N2.

Pour chaque abri, un cheminement permettant l'accès depuis l'extérieur du tunnel devra pouvoir être utilisé pendant deux heures en cas d'incendie survenant en un endroit quelconque du tunnel. S'il est nécessaire de cheminer au droit de l'incendie et si le cheminement comporte des parois ou dalles communes avec le tunnel, celles-ci devront présenter un degré coupe-feu de niveau N2. En outre la température maximale de la face non exposée au feu de la paroi ne devra pas dépasser 60 °C pendant le

temps fixé pour l'évacuation des abris (cf. paragraphe 4.2.2). Si d'autres éléments du tunnel participent à la stabilité du cheminement, il devront être stables au feu pour le même niveau N2.

d) Dalle supportant la chaussée

Lorsque la circulation s'effectue sur une dalle supportant la chaussée, celle-ci doit satisfaire aux exigences du niveau N0 si elle ne délimite pas des espaces situés en-dessous qui sont passibles d'un niveau de résistance supérieur au titre des paragraphes précédents.

Toutes dispositions devront être prises pour éviter la propagation d'un incendie sous la chaussée (écoulement de liquides enflammés notamment).

S'il existe un autre niveau de circulation sous la dalle, celle-ci satisfera aux exigences fixées au paragraphe 4.3.1 pour les structures qui sont nécessaires pour maintenir la stabilité d'un autre tube et la séparation avec celui-ci. Il sera alors tenu compte séparément du cas d'un incendie sous la dalle et au-dessus de celle-ci.

4.3.3 - Protection contre la chute d'équipements suspendus en plafond

Il convient de protéger les équipes de secours intervenant sous des fumées chaudes stratifiées en plafond de toute chute d'éléments dangereux. Dans ce but, les dispositifs de suspension et la structure porteuse des équipements lourds implantés en hauteur : accélérateurs, panneaux à messages variables, poutres portant des équipements, devront résister à une température de 450 °C pendant 120 minutes. La justification sera faite en utilisant la courbe de feu normalisée jusqu'à atteindre cette température qui sera ensuite maintenue jusqu'à la fin de la durée spécifiée.

4.4 - Fonctionnement à la chaleur des équipements

4.4.1 - Alimentation électrique et télétransmissions

S'il n'est pas utile d'assurer la tenue au feu systématique de tous les équipements en tunnel, il est indispensable de maintenir au droit d'un incendie la continuité de l'alimentation électrique et des télétransmissions.

Les artères principales assurant l'interconnexion entre postes d'alimentation électrique, ainsi que les câbles de télétransmissions, devront être protégés des effets directs du feu par un cheminement dans des fourreaux noyés dans le trottoir ou la chaussée, dans des caniveaux ou en gaine technique, avec une protection au feu complémentaire si nécessaire, de telle sorte qu'ils puissent fonctionner dans les conditions du niveau N3.

Les circuits d'alimentation de l'éclairage de sécurité défini au paragraphe 3.3 seront soit protégés des effets directs du feu, soit réalisés avec des câbles de catégorie CR1 (telle que définie par l'arrêté du 21 juillet 1994). Toutefois un incendie de poids lourd peut produire des températures supérieures à ce niveau de résistance. En conséquence, l'alimentation sera réalisée selon un principe de cantonnement. La longueur des cantons n'excédera pas 600 m environ.

Les plots de balisage lumineux seront aussi alimentés selon un principe de cantonnement. La longueur des cantons n'excédera pas 100 m environ.

Les boîtes de dérivation auront la même tenue au feu que les circuits principaux auxquelles elles sont raccordées. Les câbles de dérivation auront la même tenue au feu que les équipements qu'ils desservent. Un défaut au droit d'une dérivation électrique ne devra pas entraîner la perte du circuit principal auquel elle est raccordée.

4.4.2 - Equipements de ventilation

a) Ventilation longitudinale

En ventilation longitudinale, les accélérateurs situés à proximité immédiate d'un incendie violent ne peuvent résister à la chaleur.

Le paragraphe 3.2.2.a distingue deux cas pour la prise en compte de leur perte au niveau du dimensionnement :

- lorsque celle-ci est prise en compte de façon forfaitaire, les accélérateurs devront au moins résister à 200 °C pendant 120 minutes et être placés en plusieurs batteries de façon à ne pas être tous détruits simultanément ;
- lorsque leur perte est prise en compte par le calcul, l'installation doit être conçue pour assurer la vitesse longitudinale de l'air prescrite pendant 120 minutes. Ceci doit être obtenu quel que soit l'endroit où survient l'incendie, en tenant compte de la mise hors service de tous les accélérateurs soumis à des conditions de température dépassant leur niveau de résistance au feu.

Lorsque des ventilateurs sont installés afin de permettre une extraction massive, ils doivent pouvoir fonctionner pendant 120 minutes à la température de 200 °C.

b) Ventilation transversale ou semi-transversale

Dans le cas d'une ventilation semi-transversale ou transversale, il faut distinguer selon que les ventilateurs risquent ou non d'être soumis à de très fortes températures :

- Dans le cas général, les ventilateurs d'extraction situés en extrémité de gaine devront pouvoir fonctionner à la température de 200 °C pendant 120 minutes. Si toutefois il y a des trappes de désenfumage proches, il convient de s'assurer que cette température ne risque pas d'être dépassée au niveau des ventilateurs. Dans le cas contraire, ceux-ci devront résister à 400 °C pendant 120 minutes (au moment où est rédigé le présent texte, il n'existe pas de ventilateurs satisfaisant à cette exigence : dans l'attente de tels matériels, on pourra retenir une durée de résistance à 400 °C de 60 minutes).
- Les ventilateurs d'extraction prévus dans certains cas de tranchées couvertes au niveau de chaque bouche devront pouvoir fonctionner à 400 °C pendant 120 minutes (de la même façon, on pourra retenir une durée de résistance de 60 minutes tant que des matériels résistant pendant 120 minutes ne seront pas disponibles).

Le fonctionnement des trappes de désenfumage doit être garanti dans les conditions suivantes :

- pendant une durée de 15 minutes, uniquement ouverture à une température de 400 °C dans le tunnel et 20 °C dans la gaine.
- pendant une durée d'une heure, ouverture et fermeture à une température de 200 °C dans le tunnel et dans la gaine,, uniquement ouverture à une température de 400 °C dans le tunnel et 200 °C dans la gaine.

Lorsqu'une transparence aéraulique (ouverture de grande dimension permettant de mettre l'atmosphère du tunnel en communication avec l'air libre) est prévue avec un système mécanisé d'ouverture et de fermeture, et qu'elle doit jouer un rôle en cas d'incendie, elle doit pouvoir fonctionner à l'ouverture pendant une heure avec une température de 400° C dans le tunnel.

4.4.3 - Retransmission des radiocommunications

Afin qu'un incendie n'entraîne pas la perte des radiocommunications sur une trop grande longueur, l'installation sera réalisée suivant le principe du cantonnement. La longueur des cantons n'excédera pas 500 m pour les tunnels urbains et 800 m pour les tunnels non urbains.

5 - EXPLOITATION

On désignera par exploitation l'ensemble des tâches nécessaires pour assurer la continuité et la sécurité du fonctionnement d'un tunnel. Suivant les cas ceci peut comprendre tout ou partie des fonctions suivantes :

- gestion du trafic (notamment surveillance par des personnels dans un poste de contrôle-commande et éventuellement en tunnel, intervention en cas de besoin par la signalisation et éventuellement des personnels se rendant sur place),
- gestion technique (notamment surveillance et entretien du génie civil, contrôle-commande et maintenance des équipements).

Comme indiqué au début du présent texte, les conditions d'exploitation d'un tunnel sont fondamentales pour sa sécurité. Les besoins qui en découlent doivent être intégrés très en amont dans la conception. Par ailleurs l'exploitation doit être adaptée aux caractéristiques particulières du tunnel, de son trafic, de ses équipements et du réseau routier dans lequel il s'insère.

5.1 - Moyens d'exploitation

L'exploitation doit être organisée et disposer des moyens nécessaires pour assurer la prévention des accidents (non traitée dans le présent texte) et la sécurité des personnes en cas d'incident ou d'accident. Les personnels affectés à l'exploitation doivent recevoir la formation nécessaire pour atteindre ces objectifs.

5.1.1 - Degrés de permanence et surveillance

Suivant les besoins découlant des caractéristiques du tunnel et de son trafic, les fonctions de permanence et de surveillance éventuelle en salle seront assurées selon l'un des quatre degrés suivants qui offrent des qualités de réponse croissantes.

Degré D1 - Permanence simple

Au minimum les appels téléphoniques d'urgence ainsi que les éventuelles alarmes automatiques sont reçus par un service qui assure une permanence 24 heures sur 24. Ce service peut être distinct de l'exploitant et assurer l'alerte de celui-ci et des services de secours en cas de besoin.

Degré D2 - Permanence avec moyens d'action

Ce degré s'applique dans le cas où, sans qu'une surveillance humaine du tunnel soit nécessaire, des actions nécessitant une initiative humaine doivent être mises en oeuvre dans le tunnel en cas d'alerte. Il peut s'agir par exemple de la mise en route du désenfumage ou de l'activation d'une signalisation qui dépendent des circonstances de l'événement survenu dans l'ouvrage.

Des équipements supplémentaires, et la formation correspondante, doivent alors être mis en place dans le service qui assure la permanence. Les équipements supplémentaires peuvent comprendre des images vidéo qui sont montrées automatiquement si une alarme est déclenchée, ainsi que des systèmes de contrôle-commande, éventuellement simplifiés, permettant de déclencher les actions nécessaires.

Degré D3 - Surveillance humaine non permanente

L'importance du trafic ou les caractéristiques du tunnel peuvent justifier qu'une surveillance humaine soit assurée à certaines périodes. Par surveillance humaine, on entend ici au minimum la présence active dans un poste de contrôle-commande d'une personne disposant de moyens permettant de visualiser l'intérieur du tunnel et ses abords, de recevoir les alarmes et de déclencher la mise en oeuvre des moyens appropriés pour faire face à toute situation anormale. Cette surveillance peut être déportée et commune à plusieurs infrastructures ou à tout un itinéraire. Lorsqu'elle n'est pas assurée de façon permanente, les moyens décrits pour les degrés D1 ou D2 doivent être mis en oeuvre dans le service qui assure la permanence le reste du temps.

Degré D4 - Surveillance humaine permanente

La nécessité d'assurer de façon permanente la surveillance humaine décrite ci-dessus doit être appréciée en fonction des caractéristiques du tunnel et du trafic. En tout état de cause, une surveillance humaine permanente est obligatoire pour les tunnels urbains de plus de 1000 mètres de longueur et pour les tunnels non urbains de plus de 3000 mètres qui ne sont pas à faible trafic. Elle peut s'avérer nécessaire pour des longueurs plus faibles, notamment si le trafic est important ou comporte une forte proportion de poids lourds.

Unicité de la commande des équipements

Quel que soit le degré de permanence et surveillance, les mêmes équipements de sécurité du tunnel ne doivent pouvoir être commandés à un moment quelconque que depuis un seul poste de contrôle-commande. Ceci ne fait pas obstacle à l'existence éventuelle de plusieurs postes à condition qu'ils ne puissent pas être en fonction simultanément.

5.1.2 - Moyens de secours

La nécessité de moyens de secours spécifiques à l'ouvrage est à examiner en fonction de l'importance du tunnel et du trafic, ainsi que de l'éloignement des moyens de secours publics. En tout état de cause, la présence permanente d'une équipe de secours à chaque extrémité du tunnel est obligatoire pour les tunnels bidirectionnels de plus de 5000 mètres de longueur s'ils ne sont pas à faible trafic et ne disposent pas de communications directes avec l'extérieur conformes aux dispositions du paragraphe 2.2. Ces équipes disposeront de véhicules et de matériel permettant la lutte contre le feu et le secours aux blessés. En cas d'alerte, elles devront pouvoir en quelques minutes se diriger vers un incident ou accident, où qu'il survienne, en arrivant par les deux côtés.

Dans les mêmes tunnels, il devra être tenu à disposition à chaque tête au moins un engin motorisé (spécialement adapté si nécessaire) qui puisse emprunter la galerie de secours ou les cheminements d'accès aux abris prévus au paragraphe 2.2.2.b. Ces engins doivent permettre d'assurer l'évacuation des usagers, y compris sur des brancards dont les dimensions sont décrites au paragraphe 2.2.1.

5.2 - Documents obligatoires

Les documents décrits au présent paragraphe devront être établis préalablement à la mise en service et être ensuite mis à jour aussi souvent que nécessaire pour tenir compte de l'observation des conditions réelles d'utilisation, des enseignements des exercices et de l'analyse des accidents et incidents réels (cf. paragraphe 5.3), de toutes les évolutions du tunnel, de son exploitation, de son trafic, de son environnement, etc.

5.2.1 - Règlement de circulation

Le règlement de circulation à l'intérieur du tunnel, ou sur l'itinéraire comprenant le tunnel, définit notamment les types de véhicules interdits, les vitesses maximales autorisées et les éventuelles interdistances minimales entre véhicules. Il convient d'assurer la cohérence entre la réglementation de la circulation de l'itinéraire et les mesures spécifiques au tunnel.

5.2.2 - Consignes d'exploitation

Les consignes d'exploitation définissent le fonctionnement et les modalités d'utilisation des dispositifs de sécurité et la conduite à tenir par les agents d'exploitation. Elles précisent notamment les régimes de ventilation à mettre en œuvre et les liaisons à assurer avec les services de secours, particulièrement en cas d'incident, d'accident ou d'incendie. Si une circulation bidirectionnelle peut être acceptée à titre exceptionnel dans un tube normalement unidirectionnel, les consignes précisent dans quelles circonstances cette situation peut être admise, et les dispositions de tous ordres à prendre alors, y compris pour l'information de l'autorité chargée de la police. Les consignes définissent aussi les cas d'indisponibilité des équipements ou du personnel d'exploitation dans lesquels le tunnel devra être fermé à la circulation parce que la sécurité des usagers n'est pas assurée de façon suffisante.

Les consignes d'exploitation sont élaborées par l'exploitant.

5.2.3 - Plan d'intervention et de sécurité

Le plan d'intervention et de sécurité est élaboré par l'exploitant en liaison avec les services d'intervention extérieurs (gendarmerie, police, pompiers, SAMU, etc.).

Le plan d'intervention et de sécurité prévoit notamment :

- l'organisation du commandement et la coordination des moyens de l'exploitant, avec la distinction des différents niveaux de responsabilité,
- les modalités de surveillance et d'alerte interne et externe (affichage de consignes, modes de transmission, code de définition des sinistres, etc.),
- les consignes générales d'intervention, en distinguant les opérations habituelles et courantes et celles qui nécessitent une intervention extérieure à l'exploitant,
- la nature des moyens à engager dans chaque cas,
- les dispositions à prendre en matière de gestion du trafic dans l'ouvrage ainsi que sur les voies d'accès et de dégagement,
- les dispositifs de main courante destinés à garder trace des événements, décisions et actions survenant dans l'exploitation.

5.3 - Maintien du niveau de sécurité

Le génie civil et les équipements seront entretenus de façon à pouvoir remplir leurs fonctions autant et à chaque fois qu'il est nécessaire. Les compétences des agents chargés de l'exploitation et des secours seront entretenues et perfectionnées par la formation permanente et par l'organisation d'exercices. Par ailleurs les incidents ou accidents significatifs survenus dans le tunnel seront enregistrés et analysés, et leurs enseignements seront pris en compte pour améliorer l'exploitation, et éventuellement les équipements.

5.3.1 - Exercices

Au moins une fois par an, l'exploitant organisera un exercice interne destiné à tester les consignes d'exploitation et leur mise en œuvre par son personnel, et à prendre les éventuelles mesures correctives qui s'avéreraient nécessaires (mise à jour des consignes, formation du personnel, etc.).

Après chaque exercice, un compte-rendu sera établi. Il rappellera les circonstances et le déroulement de l'exercice ; il en tirera les enseignements et proposera les suites à donner, s'il y a lieu.

Ces dispositions ne préjugent pas d'exercices organisés par l'autorité de police chargée de la sécurité dans le cadre d'un Plan de Secours Spécialisé.

5.3.2 - Retour d'expérience

L'exploitant établira un compte-rendu des incidents et accidents significatifs dès qu'ils surviennent dans le tunnel et les analysera afin d'apprécier si des adaptations aux mesures de sécurité en vigueur ou des mesures complémentaires sont nécessaires. Seront notamment pris en compte :

- tous les accidents corporels, c'est à dire ceux qui ont entraîné au moins un blessé (ayant nécessité un soin médical ou une hospitalisation, même de courte durée) ou un mort,
- tous les incendies, y compris ceux de véhicules qui ont commencé à brûler dans le tunnel mais ont pu en sortir par leurs propres moyens,
- tous les autres événements, y compris les accidents matériels et les incidents techniques, qui ont nécessité une fermeture non programmée du tunnel.

L'annexe 1 au présent texte fixe les modalités de remontée de l'information.

5.4 - Information des usagers

L'information des usagers ne peut pas toujours se limiter à la signalisation et la signalétique traitées au paragraphe 3.7. Si cela est justifié par la longueur du tunnel, ses caractéristiques propres et l'importance du trafic, des dispositions complémentaires devront être prises telles que mise en place de panneaux à message variable, panneaux d'information, distribution de notices explicatives sur le tunnel, ses équipements, la conduite à suivre en conditions normales et en cas d'incident ou d'accident, etc.

6 - CAS PARTICULIER DES TUNNELS URBAINS DE GABARIT AUTORISE INFÉRIEUR OU ÉGAL À 3,50 m

Les dispositions du présent chapitre concernent des tunnels urbains et tiennent compte du fait que les tunnels à gabarit réduit sont normalement interdits aux transports de marchandises dangereuses.

En raison de la nouveauté de ce type d'ouvrage, les exigences ci-après pourront être modifiées dans le futur pour tenir compte de l'expérience acquise.

Les tunnels urbains à gabarit réduit de plus de 500 m de longueur font l'objet d'une recommandation particulière (Recommandations pour la conception des tunnels urbains à gabarit réduit - RECTUR) qui propose de retenir trois gabarits seulement : 2 m, 2,70 m et 3,50 m.

Du point de vue de l'intervention des services de secours, le gabarit de 3,50 m ne pose pas de problèmes différents de ceux des tunnels à gabarit normal. Il permet en effet l'accès de tous les véhicules de secours, y compris les véhicules de lutte contre l'incendie.

Avec un gabarit de 2,70 m, le souterrain est accessible aux véhicules de secours aux asphyxiés et blessés (VSAB), mais ne permet pas l'intervention des véhicules normalisés de lutte contre l'incendie. Un souterrain au gabarit de 2 m n'est accessible à aucun des véhicules de secours utilisés habituellement, sauf aux ambulances dérivées des voitures légères sans modification de hauteur. Dans ces deux derniers cas, il faut étudier et proposer des dispositions spécifiques pour l'intervention des secours, dimensionnées en fonction de la gravité des risques encourus. Les équipements des véhicules de secours spécifiques devront être compatibles avec ceux des véhicules de secours classiques.

Comme pour les tunnels urbains de gabarit supérieur à 3,50 m, des dispositions permettant d'assurer le désenfumage sont nécessaires dès que la longueur du tunnel dépasse 300 m.

En cas d'incendie, les usagers des souterrains de gabarit inférieur ou égal à 2,70 m ne bénéficient pas d'une stratification des fumées, ni d'un volume au-dessus de l'espace utile qui permette une accumulation temporaire des gaz chauds avant leur diffusion dans l'ensemble de la section. Pour les gabarits plus importants allant jusqu'à 3,50 m, la stratification des fumées reste problématique et la couche d'air pur sous celles-ci est en tout état de cause peu épaisse. Dans ces conditions, le mode de désenfumage doit être adapté aux conditions particulières des ouvrages et l'exploitant doit être en mesure d'agir très rapidement sur les installations de ventilation.

Toutefois, la dimension limitée des véhicules, et donc des incendies possibles, permet de réduire certaines caractéristiques des installations. Les dispositions particulières concernant le risque incendie font l'objet des paragraphes 6.1 et 6.2 ci-après.

A l'exception de ces aspects, les dispositions de sécurité, et notamment les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours, ont les mêmes objectifs et obéissent aux mêmes règles indiquées dans le présent texte pour les autres tunnels.

En raison des difficultés d'intervention en cas d'accident et des limitations quant au mode de désenfumage, les tunnels de gabarit inférieur ou égal à 2,70 m doivent être à circulation unidirectionnelle en exploitation normale. Une circulation bidirectionnelle ne peut être admise en exploitation normale dans les tunnels de gabarit supérieur à 2,70 m et inférieur ou égal à 3,50 m que dans des cas exceptionnels et sous réserve de justifications portant sur l'ensemble des dispositions de sécurité.

Si le projet comporte une réduction d'autres caractéristiques que le gabarit en hauteur (par exemple une absence de trottoir, comme prévu dans RECTUR pour le niveau d'exploitation TU 1, ou une interdistance plus grande des aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours), il faut augmenter les niveaux d'équipement et d'exploitation. Une étude particulière est nécessaire dans ce cas.

6.1 - Ventilation de désenfumage en cas d'incendie

a) Tunnels de gabarit autorisé inférieur ou égal à 2,00 m

Pour les gabarits ne dépassant pas 2,00 m, le dimensionnement des dispositifs de désenfumage sera basé sur un incendie produisant une puissance thermique de 8 MW (dont on pourra supposer qu'un tiers est dissipé par rayonnement au niveau du foyer). Il correspond à deux ou trois véhicules légers (selon leur taille).

En raison de l'absence de stratification, la seule possibilité de désenfumage consiste à pousser les fumées dans le sens de la circulation au droit de l'incendie. Dans ce but, l'installation de ventilation devra être capable d'assurer une vitesse moyenne du courant d'air de 2 m/s dans les conditions décrites au paragraphe 3.2.2.a.

Il convient en outre de disposer de systèmes d'extraction massive capables d'aspirer en aval la totalité du débit d'air provenant de la direction de l'incendie, ainsi que l'air entraîné provenant de l'autre direction et s'écoulant à une vitesse minimale de 1 m/s.

b) Tunnels de gabarit autorisé supérieur à 2,00 m et inférieur ou égal à 3,50 m

Si le gabarit est supérieur à 2,00 m sans dépasser 3,50 m, l'incendie de dimensionnement produit une puissance thermique de 15 MW (dont on pourra supposer qu'un tiers est dissipé par rayonnement au niveau du foyer) et un débit de fumées de 50 m³/s lorsque celles-ci sont stratifiées (ce débit, mesuré à la température des fumées, représente la somme des débits des produits de combustion et des gaz entraînés dans le foyer et non brûlés). Il correspond aux plus gros véhicules qui sont alors des fourgons.

Pour une circulation unidirectionnelle, le désenfumage sera normalement assuré de la manière décrite au paragraphe 6.1.a ci-dessus. L'installation devra toutefois être capable d'assurer une vitesse du courant d'air de 2,5 m/s.

Dans un tunnel de gabarit compris entre 2,70 m et 3,50 m et à circulation bidirectionnelle, le désenfumage devra être assuré au moyen de trappes d'extraction télécommandées et situées obligatoirement dans le plafond, accompagnées d'un contrôle du courant d'air longitudinal tel que décrit au paragraphe 3.2.2.b. L'installation devra être capable d'assurer un débit d'aspiration de 70 m³/s réparti sur une longueur maximale de 200 m.

Dans le même cas de gabarit compris entre 2,70 m et 3,50 m, ce dernier mode de désenfumage pourra être utilisé pour une circulation unidirectionnelle lorsqu'il paraîtra plus adapté pour la sécurité, sous réserve que soient produites toutes les justifications nécessaires concernant notamment le niveau d'exploitation et le contrôle du courant d'air longitudinal.

6.2 - Résistance au feu.

Les dispositions prévues au chapitre 4 s'appliquent sous réserve des dispositions indiquées au présent paragraphe.

Toutes les durées définies au paragraphe 4.2.2 sont ramenées à 60 minutes. La définition du niveau de résistance au feu N0 est inchangée. Les niveaux N1, N2 et N3 sont tous définis par CN 60.

Les stipulations des paragraphes 4.2.3, 4.3.1, 4.3.2 et 4.4.1 s'appliquent sans changement avec cette nouvelle définition des niveaux. Toutefois, lorsque le tunnel est contigu à une structure habitée ou occupée, ou situé sous celle-ci, il faut assurer le caractère coupe-feu des parois ou dalles mitoyennes et la stabilité au feu des parties du tunnel qui constituent des éléments de la structure porteuse des bâtiments en superstructure avec les degrés suivants :

- CN 240 pour un immeuble de grande hauteur,
- CN 180 pour un établissement recevant du public et pour un établissement classé en raison du risque d'incendie au titre de la loi du 19 juillet 1976,
- CN 120 dans les autres cas.

La tenue mécanique à la température de 450 °C des équipements lourds suspendus au plafond, demandée au paragraphe 4.3.3, ne devra être assurée que pendant 60 minutes.

Les dispositions du paragraphe 4.4.2 concernant le fonctionnement au feu des équipements de ventilation ne seront exigées que pour une durée de 60 minutes. Les températures auxquelles ces équipements doivent résister sont à adapter en fonction de la puissance de l'incendie de dimensionnement et des caractéristiques du tunnel.

7 - TUNNELS AUTORISÉS AUX VÉHICULES TRANSPORTANT DES MARCHANDISES DANGEREUSES

7.1 - Objet et champ d'application du présent chapitre

Le présent chapitre concerne les tunnels de gabarit supérieur à 3,50 m autorisés aux véhicules transportant des marchandises dangereuses soumis à l'obligation d'une signalisation particulière. Il définit les dispositions et équipements de sécurité à prévoir, en complément de ce qui est prévu dans les chapitres 2 à 5.

Ce ne sont pas nécessairement tous les véhicules transportant des marchandises dangereuses qui sont autorisés dans un tunnel. Dans le présent chapitre, deux cas sont distingués et font l'objet de prescriptions qui peuvent être différentes :

- accès autorisé à tous les véhicules transportant des marchandises dangereuses (il n'y a alors aucune signalisation d'interdiction à l'entrée du tunnel),
- accès interdit aux véhicules transportant des produits explosifs ou facilement inflammables (le panneau B18 a est alors utilisé ; sa signification précise est définie à l'article 19 de l'arrêté du 5 décembre 1996 modifié relatif au transport des marchandises dangereuses par route, dit " arrêté ADR ").

D'autres cas sont cependant possibles : il convient alors d'apprécier pour chacun quelles dispositions sont les mieux appropriées par référence aux prescriptions données dans le présent chapitre pour les deux cas ci-dessus.

Lorsque les dispositions qui suivent revêtent un caractère facultatif, on s'attachera à tenir compte du caractère plus ou moins sensible du tunnel concerné :

- autorisation ou non des véhicules transportant des produits explosifs ou facilement inflammables,
- autorisation ou non des véhicules transportant des gaz toxiques en quantité significative,
- volume du trafic de marchandises dangereuses, selon les événements les plus redoutés (explosion de gaz inflammables, incendie de liquides inflammables, intoxication par des gaz ou des liquides toxiques, etc.)
- nombre de personnes pouvant être présentes à un instant donné à l'intérieur du tunnel (trafic, longueur, risques de congestion),
- nombre de personnes pouvant être présentes à un instant donné à l'extérieur à proximité du tunnel (jusqu'à 500 mètres environ pour certains types d'accidents),
- caractéristiques générales du tunnel (longueur, profil en travers, modalités de désenfumage, possibilités d'évacuation rapide des usagers, etc.),
- modalités d'exploitation et d'intervention des secours,
- régime de transit des marchandises dangereuses (par exemple déclaration, escorte, horaire).

7.2 - Dispositions de génie civil

7.2.1 - Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers de l'accès des secours

Une attention particulière sera portée aux aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours, car ceux-ci revêtent une importance encore plus grande en présence de marchandises dangereuses. En particulier, dans les tunnels non urbains sensibles au sens du paragraphe 7.1, l'interdistance entre ces aménagements pourra être réduite.

7.2.2 - Pentes transversales

Les pentes transversales des chaussées et des trottoirs devront contribuer à assurer une bonne collecte des liquides dangereux pouvant être répandus lors d'un accident. Une pente transversale minimale de 2 %

sera respectée sur la largeur roulable de la chaussée. Les changements de dévers et les profils transversaux en toit seront évités autant qu'il est possible.

7.2.3 - Système d'assainissement

Afin de diminuer la surface, et la durée de présence sur la chaussée, d'une flaque de liquides inflammables ou toxiques répandus suite à un accident, un caniveau à fente continue est obligatoire.

Ce caniveau se déversera dans un collecteur enterré par tronçons indépendants de l'ordre de 50 m. Au droit de chaque raccordement, un siphon sera aménagé entre le caniveau et le collecteur afin d'arrêter les flammes. La présence permanente de liquide sera assurée, afin que les siphons soient toujours en état de remplir cette fonction. Les dispositifs de fermeture des siphons seront aussi étanches que possible. Aucun raccordement ne devra être situé à moins de 10 m d'un appareil d'incendie, d'une niche de sécurité, ou d'un accès vers un aménagement pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours. En cas de profil transversal de la chaussée en toit, on prévoira un caniveau de chaque côté.

Chaque tronçon de caniveau devra être capable d'absorber un volume de 5 m³ en 1 minute. Les siphons et le collecteur devront permettre d'évacuer un débit de 100 l/s.

Tous les liquides récoltés sur la chaussée devront transiter par le collecteur. A chaque point bas et à la sortie du tunnel, le collecteur sera relié à travers un siphon à une fosse de récupération étanche destinée à éviter la pollution de l'environnement. Le système devra permettre de récupérer au minimum un volume total de 200 m³ (correspondant pour 40 m³ au volume maximal de liquides dangereux transportés dans un véhicule et pour 160 m³ au volume d'eau utilisé pour lutter contre le sinistre).

7.2.4 - Obstacles

On évitera autant que possible tout changement de la section transversale du tunnel qui puisse constituer un obstacle rigide pouvant poinçonner une citerne accidentée, ou arracher ses équipements. Dans le cas contraire, on devra mettre en oeuvre des dispositifs de protection appropriés.

De la même façon, les équipements de tunnel qui feraient saillie par rapport aux piédroits devront pouvoir s'escamoter facilement en cas de choc ou bien être protégés par un dispositif adéquat.

7.3 - Equipements de sécurité

7.3.1 - Ventilation de désenfumage

Les dispositions du paragraphe 3.2.2 s'appliquent sans changement lorsque les véhicules transportant des produits explosifs ou facilement inflammables sont interdits. Si ceux-ci sont autorisés, les dispositions du paragraphe 3.2.2 ne s'appliquent qu'en l'absence de dispositions plus contraignantes détaillées dans la suite du présent paragraphe.

L'incendie de référence correspond à celui d'une citerne d'hydrocarbures et présente les caractéristiques suivantes :

- la puissance thermique est de 200 MW (dont on pourra supposer qu'un tiers est dissipé par rayonnement au niveau du foyer) ;
- le débit des fumées, lorsque celles-ci sont stratifiées, dépasse 300 m³/s à proximité immédiate du foyer et est de l'ordre de 200 m³/s au-delà de 50 à 100 mètres du foyer (ces débits, mesurés à la température des fumées, représentent la somme des débits des produits de combustion et des gaz entraînés dans le foyer ou dans le panache et non brûlés).

Pour les tunnels unidirectionnels, il est généralement possible de réaliser une installation de ventilation longitudinale capable de repousser l'ensemble des fumées de cet incendie dans une direction. En revanche la quantité de fumée produite ne peut être extraite par un système semi-transversal ou transversal qu'au prix d'un sur-dimensionnement considérable de l'installation, qui peut nécessiter une augmentation conséquente de la section à excaver. Même ainsi la maîtrise des conséquences d'un incendie grave reste très incertaine. Ceci conduit à privilégier pour un trafic

unidirectionnel le système longitudinal chaque fois qu'il est possible. Pour les tunnels bidirectionnels, la règle générale est de retenir un système semi-transversal ou transversal. Néanmoins pour les tunnels bidirectionnels non urbains, on peut utiliser un système longitudinal dans les cas et conditions décrits au paragraphe 3.2.2.a. Lorsque le système semi-transversal ou transversal est retenu, il n'est généralement pas dimensionné pour l'incendie de référence.

a) Prescriptions pour le désenfumage en ventilation longitudinale

La vitesse moyenne du courant d'air à obtenir dans les conditions décrites au paragraphe 3.2.2.a est de 4 m/s. Cette vitesse n'est toutefois exigée qu'en présence de conditions atmosphériques adverses qui ne sont dépassées que pendant moins de 10 % du temps. Une vitesse de 3 m/s doit pouvoir être obtenue en présence de conditions atmosphériques adverses qui ne sont dépassées que pendant moins de 5 % du temps.

b) Prescriptions pour le désenfumage en ventilation semi-transversale ou transversale

En règle générale, les dispositions du paragraphe 3.2.2.b seront appliquées sans changement. Si le tunnel présente un caractère sensible au sens du paragraphe 7.1, il sera prévu un renforcement des autres moyens qui permettent de limiter les conséquences d'un incendie :

- aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours,
- dispositifs permettant une alerte rapide, tels que réseau de surveillance par télévision, détection automatique d'incident ou d'incendie, etc.
- dispositifs permettant d'interdire l'entrée dans le tunnel.

Dans les cas où il est possible d'installer des extracteurs en plafond communiquant directement avec l'air libre (tranchées couvertes par exemple), le débit d'aspiration sera majoré et, en fonction du caractère plus ou moins sensible défini au paragraphe 7.1, pourra aller jusqu'à permettre d'extraire un débit de 300 m³/s sur une longueur de 400 m en tunnel urbain et 600 m en tunnel non urbain.

7.3.2 - Moyens de détection et d'alerte.

En présence de marchandises dangereuses, un facteur essentiel de sécurité est d'être capable de très vite détecter tout événement accidentel et déclencher l'alerte.

Les dispositions suivantes seront prises dans les tunnels présentant un caractère sensible au sens du paragraphe 7.1 :

- lorsqu'une surveillance humaine permanente n'est pas assurée (degrés D1, D2 ou D3 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), et quel que soit le système de ventilation, il est nécessaire d'installer un système de détection automatique d'incendie assurant les fonctions décrites au paragraphe 3.6.
- quel que soit le degré de permanence et surveillance, on peut envisager le renforcement de l'équipement en postes d'appel d'urgence, moyens d'information des usagers, etc.

7.3.3 - Signalisation et dispositifs de fermeture du tunnel

Pour les tunnels de plus de 800 m surveillés en permanence ou non (degrés D3 ou D4 de permanence et surveillance définis au paragraphe 5.1.1), des dispositifs de signalisation, d'information et de fermeture physique sont prévus au paragraphe 3.7.2 afin d'interdire l'accès à l'ouvrage en cas de besoin. Chaque fois qu'un point particulier de l'itinéraire (carrefour, échangeur, etc.) rend cette disposition réaliste, ceux-ci seront complétés par des dispositifs similaires placés 500 m au moins en avant de la tête, de façon à mettre les usagers autant que possible à l'abri des effets d'un accident grave survenant dans le tunnel (explosion, relâchement de gaz toxique notamment).

7.3.4 - Alimentation en eau.

Les appareils d'incendie devront disposer d'une réserve d'eau majorée par rapport aux tunnels où le transit des marchandises dangereuses est interdit. Le volume nécessaire est de 160 m³.

7.3.5 - Autres équipements

En fonction du mode d'exploitation du tunnel et de son caractère sensible au sens du paragraphe 7.1, on examinera l'intérêt d'installer les équipements facultatifs prévus au paragraphe 3.9 ainsi qu'un système d'identification des marchandises dangereuses présentes en tunnel.

7.3.6 - Matériel antidéflagrant

Les matériels électriques prévus dans les fosses de récupération et les locaux électriques communiquant avec celles-ci seront de type antidéflagrant.

7.4 - Résistance au feu

Les dispositions du chapitre 4 sont applicables sous réserve des stipulations qui suivent. Celles-ci concernent le paragraphe 4.4.2 et ne s'adressent qu'aux tunnels où les véhicules transportant des produits explosifs ou facilement inflammables sont autorisés.

Fonctionnement à la chaleur des équipements de ventilation

En ventilation longitudinale, lorsque la perte des accélérateurs détruits par la chaleur est prise en compte de façon forfaitaire (dans les conditions prévues au paragraphe 3.2.2.a), ceux-ci devront résister à 400 °C pendant 120 minutes (au moment où est rédigé le présent texte, il n'existe pas d'accélérateurs satisfaisant à cette exigence : dans l'attente de tels matériels, on pourra retenir une durée de résistance à 400 °C de 60 minutes). Les accélérateurs seront placés en plusieurs batteries de façon à ne pas être tous détruits simultanément. Lorsque des ventilateurs seront installés afin de permettre une extraction massive, ils devront pouvoir fonctionner à la température de 400 °C pendant 120 minutes (de la même façon on pourra retenir une durée de résistance de 60 minutes tant que des ventilateurs résistant pendant 120 minutes ne seront pas disponibles).

Dans le cas des systèmes semi-transversaux et transversaux, les ventilateurs d'extraction situés en extrémité de gaine devront pouvoir fonctionner à la température de 400 °C pendant 120 minutes (comme ci-dessus, on pourra retenir une durée de résistance de 60 minutes tant que des ventilateurs résistant pendant 120 minutes ne seront pas disponibles). Pour les autres équipements de ventilation, on appliquera les dispositions du paragraphe 4.4.2.b.

7.5 - Exploitation

La qualité de l'exploitation est plus importante encore lorsque le transit des marchandises dangereuses est autorisé, et les dispositions du chapitre 5 pourront être renforcées en fonction du caractère plus ou moins sensible du tunnel au sens du paragraphe 7.1.

Parmi les incidents ou accidents particulièrement significatifs pour lesquels le paragraphe 5.3.2 demande un compte-rendu et une analyse, par analogie avec l'annexe IV de l'arrêté du 17 décembre 1998 modifié portant transposition de la directive 96/35/CE du Conseil du 3 juin 1996 concernant la désignation ainsi que la qualification professionnelle de conseillers à la sécurité pour le transport par route, par rail ou par voie navigable de marchandises dangereuses, et dans l'attente de textes européens, on retiendra tous les événements impliquant un transport de marchandises dangereuses pour lesquels l'un des critères ci-dessous est rempli :

- décès ou blessure,
- fuite ou perte de chargement de plus de 200 kg de marchandises dangereuses en masse nette (pour la classe 7 – matières radioactives – toute fuite ou perte de chargement sera prise en compte, quelle que soit son importance),
- plus de 250 000 F de pertes matérielles (incluant les coûts de remise en état du tunnel et de l'environnement),
- événement pour le traitement duquel des précautions notables ont été prises par les pouvoirs publics, telles que des évacuations ou des confinements de population, des fermetures provisoires d'infrastructures de transport, etc.

Les règles de circulation dans les tunnels des véhicules routiers transportant des marchandises dangereuses seront fixées par une circulaire annulant et remplaçant la circulaire n°76-44 du 12 mars 1976. Celle-ci décrit les procédures et les réglementations à mettre en œuvre. Selon les cas, ce texte envisage la possibilité de mesures d'exploitation particulières, telles que :

- déclaration des marchandises dangereuses transportées et circulation avec escorte ;
- déclaration simple ;
- interdiction des marchandises dangereuses aux heures de pointe, ou autorisation aux heures creuses.

ANNEXE 1 : COMPTE-RENDU DES INCIDENTS ET ACCIDENTS SIGNIFICATIFS

La présente annexe a pour but de fixer les modalités de remontée des informations concernant les incidents et accidents significatifs.

La liste ci-après récapitule les cas où le compte-rendu est obligatoire :

Que le transit des marchandises dangereuses soit autorisé ou non :

- accident ayant entraîné au moins un blessé (qui a nécessité un soin médical ou une hospitalisation, même de courte durée) ,
- accident ayant entraîné au moins un mort,
- incendie d'un véhicule qui a commencé à brûler dans le tunnel mais a pu en sortir par ses propres moyens,
- incendie d'un véhicule qui a brûlé dans le tunnel,
- tout autre événement, y compris accident matériel ou incident technique, ayant nécessité une fermeture non programmée du tunnel.

En outre, lorsque le transit des marchandises dangereuses est autorisé :

- fuite ou perte de chargement de plus de 200 kg de marchandises dangereuses en masse nette (pour la classe 7 - matières radioactives - toute fuite ou perte de chargement sera prise en compte, quelle que soit son importance) ;
- plus de 250 000 F de pertes matérielles (incluant les coûts de remise en état du tunnel et de l'environnement) ;
- événement pour le traitement duquel des précautions notables ont été prises par les pouvoirs publics, telles que des évacuations ou des confinements de population, des fermetures provisoires d'infrastructures de transport, etc.

D'autres incidents ou accidents moins graves peuvent faire l'objet d'un compte-rendu similaire, à l'initiative du maître d'ouvrage ou de l'exploitant, et être transmis dans les mêmes formes.

Les comptes-rendus devront obligatoirement être transmis au Préfet, à l'autorité de police chargée de la sécurité si ce n'est pas le Préfet, et au Centre d'Etudes des Tunnels (CETU) dans un délai maximal d'un mois après l'événement. Un délai plus court s'impose si l'importance de l'événement le justifie. La transmission au CETU sera faite par saisie sur un site internet. Les modalités de connexion et de saisie sont à demander à l'adresse suivante :

Centre d'Etudes des Tunnels
25 avenue François Mitterrand
Case n° 1
69674 BRON cedex

Téléphone : 04 72 14 34 30
Télécopie : 04 72 14 34 70
Adresse électronique :
incident.cetu@equipement.gouv.fr

Lors de la connexion, l'exploitant pourra obtenir copie sous forme de fichier informatique et sur papier des informations qu'il vient de saisir. Il utilisera l'un ou l'autre de ces supports pour transmettre l'information au Préfet, et à l'autorité de police chargée de la sécurité si ce n'est pas le Préfet. Ces dispositions ne font pas obstacle à une autre remontée d'information si le Préfet ou l'autorité de police chargée de la sécurité a donné des instructions à l'exploitant dans ce sens. Les pages qui suivent donnent une image du cadre du compte-rendu tel qu'il se présente au moment où est rédigée la présente annexe. Celui-ci pourra si nécessaire être modifié : la version à utiliser sera celle disponible en ligne au moment de la connexion.

En outre, chaque fois qu'un rapport d'analyse des circonstances de l'incident ou l'accident ou des conséquences à en tirer aura été établi, copie en sera adressée, dès qu'il sera disponible, au Préfet, à l'autorité de police chargée de la sécurité si ce n'est pas le Préfet et au Centre d'Etudes des Tunnels. Cette dernière copie sera transmise à l'adresse ci-dessus, si possible sous forme électronique.

FICHE DESCRIPTIVE D'EVENEMENT

TUNNEL :

<p style="text-align: center;">TYPE D'EVENEMENT</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <p style="text-align: center;"><i>Choix possibles</i></p> <p>1 - Panne d'un véhicule dans le tunnel 2 - Accident matériel 3 - Accident corporel 4 - Incendie après accident 5 - Incendie spontané 6 - Incident sur installations du tunnel 7 - Acte de malveillance 8 - Autre à préciser :</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px; margin-top: 10px;"></div>	<p style="text-align: center;">LOCALISATION</p> <p>Date : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p>Heure : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p>Tube : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p>PR + abs. <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p><i>Repérage sur l'itinéraire par le PR + Abscisse</i></p> <p>Si incident sur les installations du tunnel, préciser le lieu : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p><i>Choix possibles : PC, usine ventilation, transformateur, tube, tête tunnel, etc.</i></p>	<p style="text-align: center;">GRAVITE DE L'EVENEMENT</p> <p>Nombre de blessés légers : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p>Nombre de blessés graves : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p>Nombre de tués : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p>Dommmages aux installations : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p style="text-align: center;"><i>Choix possibles</i></p> <p>1 - Aucun 2 - Légers sur moins de 10 m 3 - Lourds sur moins de 10 m 4 - Sur 10 à 50 m 5 - Sur 50 à 100 m 6 - Sur plus de 100 m</p>
<p style="text-align: center;">CAUSES / CIRCONSTANCES</p> <p>Cause principale : <input type="checkbox"/> autre : <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;"><i>Choix possibles</i></p> <p><i>Si accident (suivi ou non d'un incendie) :</i> 1 - Présence d'un véhicule en panne 2 - Présence de travaux 3 - Hors gabarit 4 - Autres à préciser : _____ Suivi d'un incendie : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non</p> <p><i>Si panne :</i> 5 - Carburant 6 - Mécanique 7 - Crevaison 8 - Autres à préciser : _____</p> <p><i>Si incendie spontané :</i> 9 - Incendie spontané d'un véhicule qui est sorti du tunnel par ses propres moyens 10 - Incendie spontané d'un véhicule qui a brûlé dans le tunnel</p> <p><i>Si incident sur les installations du tunnel :</i> 11 - Panne éclairage 12 - Panne ventilation 13 - Panne d'alimentation électrique 14 - Autres à préciser : _____</p> <p>Sens de circulation du véhicule à l'origine de l'événement : <input type="checkbox"/></p> <p><i>Choix possibles : sens 1 ou 2, inc., sans objet</i></p>	<p style="text-align: center;">CIRCULATION PENDANT L'EVENEMENT</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <p style="text-align: center;"><i>Choix possibles</i></p> <p>1 - Pas de restriction, circulation fluide 2 - Pas de restriction, bouchon 3 - Fermeture d'une voie 4 - Alternat 5 - Fermeture du tube 6 - Fermeture de plusieurs tubes 7 - Autres à préciser :</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px; margin-top: 10px;"></div> <p>Pour les choix 2 à 7 indiquer le temps (mn) :</p> <p>Entre la première alarme et la mise en œuvre de la première mesure d'exploitation du trafic :</p> <p>La durée totale : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p>(Jusqu'au rétablissement du trafic)</p> <p>Nombre de véhicules immobilisés en tunnel : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p>	<p style="text-align: center;">NOMBRE DE VEHICULES IMPLIQUES</p> <p>VL : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> 2 roues : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p>PL : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> Bus : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p>Autres : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> Préciser : _____</p> <p>Marchandises dangereuses :</p> <p>Un VTMD est impliqué ? : <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p style="text-align: center;"><i>Choix possibles</i></p> <p>1 - Aucun 2 - Un 3 - Plusieurs 4 - Inconnu</p> <p>Classe des matières transportées : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div></p> <p><i>Choix possibles : Classes ADR ; plusieurs classes ; inconnu</i></p> <p>Une matière dangereuse a été libérée ?</p> <p><i>Choix possibles</i></p> <p>1 - Non <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> 2 - Une <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> 3 - Plusieurs <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> 4 - Inconnu <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div></p> <p>Si oui, laquelle principalement ? : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div> (numéro ONU)</p>
<p style="text-align: center;">CONDITIONS DE DETECTION</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> et <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div>		

ANNEXE 2 : TABLEAUX RECAPITULATIFS

La présente annexe fournit un certain nombre de tableaux qui récapitulent une partie des dispositions de l'instruction technique. Cette vue synthétique a pour contrepartie une absence d'exhaustivité, voire de précision : l'utilisation des tableaux ne dispense pas de la lecture des dispositions plus détaillées de l'instruction technique. En cas de contradiction entre le texte de l'instruction technique et la présente annexe, c'est le premier qui prévaut.

Les tableaux 1 à 5 ci-après récapitulent les principaux types de dispositif de génie civil et d'équipement à prévoir, ainsi que quelques dispositions d'exploitation. Ils sont indépendants du régime d'autorisation ou d'interdiction du transport des marchandises dangereuses et ont été établis pour plusieurs cas de tunnel à gabarit supérieur à 3,50 m (tous les cas possibles ne sont pas traités) :

Tableau 1 :	Tunnel urbain à deux tubes unidirectionnels
Tableau 2 :	Tunnel urbain à un tube bidirectionnel
Tableau 3 :	Tunnel non urbain à deux tubes unidirectionnels et à trafic non faible
Tableau 4 :	Tunnel non urbain à un tube bidirectionnel et à trafic non faible
Tableau 5 :	Tunnel non urbain à un tube bidirectionnel et à faible trafic

Le tableau 6 récapitule les exigences de résistance au feu des structures pour les tunnels de gabarit supérieur à 3,50 m.

Les abréviations suivantes sont utilisées dans ces tableaux :

-	Aucune exigence
Accept.	Accepté(e)
Av.	Avec
Bidir. / bidirect.	Bidirectionnel
Compens.	Mesures compensatoires
D.A.I.	Détection automatique d'incident
Degrés (de perm.)	Degrés de permanence et surveillance décrits au § 5.1.1
De préf.	De préférence
Eqts	Equipements
Extract. mass.	Extractions massives
Issues / accès de secours	Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours définis au § 2.2 de l'instruction technique
Oblig., Obligat.	Obligatoire
PMV	Panneau à message variable
Possib.	Possibilité (de)
Si poss.	Si possible
Surv.	Surveillance humaine du tunnel (permanente ou non : degrés D3 ou D4 définis au § 5.1.1, sauf s'il est précisé qu'elle est permanente : degré D4)
TMD	Transports de marchandises dangereuses (autorisés)
VS	Véhicules de secours

Tableau 1 : TUNNEL URBAIN A DEUX TUBES UNIDIRECTIONNELS DE GABARIT > 3,50 m

URBAIN 2 TUBES		300 m	500 m	800 m	1000 m	1500 m	3000 m	5000 m
DISPOSITIONS DE GENIE CIVIL								
SURLARGEUR / TROTTOIR	§ 2.1	Surlargeur pour l'accès des VS nécessaire ou non selon issues / accès de secours - Trottoir obligatoire à droite						
ISSUES / ACCES DE SECOURS si profondeur < 15 m autres possib. si profondeur >= 15 m	§ 2.2	Obligatoires tous les 200 m (plus rapprochés dans tubes de plus de 3 voies avec congestion fréquente)						
	§ 2.2.1	Communications directes avec l'extérieur obligatoires						
	§ 2.2.2	Communications entre tubes si place pour sas, galerie de sécurité ou abris (avec cheminement d'accès protégé de l'incendie) sinon						
DISPOSITIFS POUR VS en tunnel aux têtes	§ 2.3.1	-	-	-	Tous les 800 m communications entre tubes si faisables, sinon possib. retournement			
	§ 2.3.2	Avant chaque entrée, emplacement de stationnement à droite et possibilité de passage d'un tube à l'autre						
NICHES DE SECURITE	§ 2.4	Tous les 200 m à droite						
NICHES INCENDIE	§ 2.5	De préférence distinctes des niches de sécurité, tous les 200 m (d'un seul côté)						
HELISURFACE	§ 2.6	-	-	-	-	-	-	Si accès difficiles
ANTI-RECYCLAGE DE LA FUMEE	§ 2.7	Dispositions à prendre pour éviter le passage des fumées d'un tube à l'autre, de préférence au niveau du génie civil						
GARAGES	§ 2.8	-	-	-	Tous les 800 m si réduction du nombre de files au droit d'un véhicule arrêté			
EQUIPEMENTS DE SECURITE								
ALIMENTATION ELECTRIQUE	§ 3.1	Prises dans les niches de sécurité + alimentation secourue sans coupure + alimentation secourue de puissance						
VENTILATION SANITAIRE	§ 3.2.1	Concentration en CO < 150 ppm et K < 9.10 ⁻³ m ⁻¹ en cas de blocage accidentel de la circulation						
VENTILATION DE DESENFUMAGE : - LONGITUDINALE cas général avec exploitation et éqpts adaptés - (SEMI-) TRANSVERSALE contrôle du courant d'air	§ 3.2.2	Obligatoire						
	§ 3.2.2.a	Acceptée	Acceptée seulement avec extractions massives tous les 500 m					
		Acceptée	Acceptée seulement avec extractions massives tous les 800 m					
	§ 3.2.2.b	-	-	-	-	Si possible	Obligatoire	
ECLAIRAGE / BALISAGE LUMINEUX	§ 3.3	Eclairage de sécurité + plots de balisage lumineux tous les 10 m de chaque côté						
POSTES D'APPEL D'URGENCE	§ 3.4	Dans les niches de sécurité (tous les 200 m) + dans les issues / accès de secours						
LUTTE CONTRE L'INCENDIE	§ 3.5	2 extincteurs dans chaque niche de sécurité (tous les 200 m) + bouche ou poteau d'incendie tous les 200 m						
DETECTION D'INCENDIE	§ 3.6	Selon les cas (voir aussi § 7.3.2 si TMD autorisé)						
SIGNALISATION des disp. de sécurité d'arrêt aux têtes d'arrêt avec barrière + PMV aux têtes d'arrêt avec PMV en tunnel d'affectation de voie	§ 3.7.1	Obligatoire (lumineuse et permanente en tunnel)						
	§ 3.7.2	-	-	-	-	-	-	Obligatoire 50 m avant chaque entrée
		-	-	-	-	-	-	Obligatoire si surv.
		-	-	-	-	-	-	Obligatoire
§ 3.7.3	-	-	-	-	-	-	Tous les 800 m	
RETRANSMISSION RADIO	§ 3.8	-	-	-	-	-	-	Tous les 200 m si surv.
SURVEILLANCE TV ET D.A.I.	§ 3.9	-	-	-	-	-	-	Tous les 200 m
EXPLOITATION								
DEGRE DE PERMANENCE/SURVEILL.	§ 5.1.1	Degrés D1 à D4 autorisés - choix selon tunnel, trafic et TMD			Surveillance humaine permanente obligatoire (degré D4)			
MOYENS DE SECOURS SPECIFIQUES	§ 5.1.2	Nécessité à apprécier selon tunnel, trafic, TMD et éloignement des moyens de secours publics						

Tableau 2 : TUNNEL URBAIN A UN TUBE BIDIRECTIONNEL DE GABARIT > 3,50 m

URBAIN 1 TUBE bidirect.		300 m	500 m	800 m	1000 m	1500 m	3000 m	5000 m		
DISPOSITIONS DE GENIE CIVIL										
TROTTOIRS	§ 2.1.2	Obligatoires de chaque côté								
ISSUES / ACCES DE SECOURS	§ 2.2	Obligatoires tous les 200 m (plus rapprochés si plus de 3 voies et congestion fréquente)								
si profondeur < 15 m	§ 2.2.1	Communications directes avec l'extérieur obligatoires								
autres possib. si profondeur >= 15 m	§ 2.2.2	Galerie de sécurité ou abris (avec cheminement d'accès protégé de l'incendie)								
DISPOSITIFS POUR VS en tunnel	§ 2.3.1	-	-	-	Possibilité de retournement tous les 800 m					
aux têtes	§ 2.3.2	Avant chaque entrée, emplacement de stationnement à droite et possibilité de retournement								
NICHES DE SECURITE	§ 2.4	Tous les 200 m de chaque côté et face à face								
NICHES INCENDIE	§ 2.5	De préférence distinctes des niches de sécurité, tous les 200 m (d'un seul côté)								
HELISURFACE	§ 2.6	-	-	-	-	-	-	Si accès difficiles ; à chaque tête si poss.		
GARAGES	§ 2.8	-	-	-	Tous les 800 m si réduction du nombre de files au droit d'un véhicule arrêté					
EQUIPEMENTS DE SECURITE										
ALIMENTATION ELECTRIQUE	§ 3.1	Prises dans les niches de sécurité + alimentation secourue sans coupure + alimentation secourue de puissance								
VENTILATION SANITAIRE	§ 3.2.1	Concentration en CO < 150 ppm et K < 9.10 ⁻³ m ⁻¹ en cas de blocage accidentel de la circulation								
VENTILATION DE DESENFUMAGE :	§ 3.2.2	Obligatoire								
- LONGITUDINALE	§ 3.2.2.a	Interdite								
- (SEMI-) TRANSVERSALE	§ 3.2.2.b	Acceptée								
contrôle du courant d'air		-	-	-	-	-	Si possible	Obligatoire		
ECLAIRAGE / BALISAGE LUMINEUX	§ 3.3	Eclairage de sécurité + plots de balisage lumineux tous les 10 m de chaque côté								
POSTES D'APPEL D'URGENCE	§ 3.4	Dans les niches de sécurité (tous les 200 m de chaque côté) + dans les issues / accès de secours								
LUTTE CONTRE L'INCENDIE	§ 3.5	2 extincteurs dans chaque niche de sécurité (tous les 200 m de chaque côté) + bouche ou poteau d'incendie tous les 200 m (d'un seul côté)								
DETECTION D'INCENDIE	§ 3.6	Obligatoire si degré D1, D2, ou D3 de perm., éventuelle si D4				Eventuelle				
SIGNALISATION des disp. de sécurité	§ 3.7.1	Obligatoire (lumineuse et permanente en tunnel)								
d'arrêt aux têtes	§ 3.7.2	Obligatoire 50 m avant chaque entrée								
d'arrêt avec barrière + PMV aux têtes		-	-	-	-	-	-	Obligatoire si surv.		
d'arrêt avec PMV en tunnel		-	-	-	-	-	-	Tous les 800 m		
d'affectation de voie	§ 3.7.3	-	-	-	Tous les 200 m si degré D3 ou D4 de permanence / surveillance et si plus d'une voie par sens					
RETRANSMISSION RADIO	§ 3.8	-	-	-	-	-	-	Au moins des VS VS + usagers si surv. VS + usagers		
SURVEILLANCE TV ET D.A.I.	§ 3.9	Obligatoires si surveillance humaine (degré D3 ou D4)						-	Obligatoires	
EXPLOITATION										
DEGRE DE PERMANENCE/SURVEILL.	§ 5.1.1	Degrés D1 à D4 autorisés - choix selon tunnel, trafic et TMD				Surveillance humaine permanente obligatoire (degré D4)				
MOYENS DE SECOURS SPECIFIQUES	§ 5.1.2	Nécessité à apprécier selon tunnel, trafic, TMD et éloignement des moyens de secours publics							-	Obligat. aux 2 têtes

Tableau 3 : TUNNEL NON URBAIN A DEUX TUBES UNIDIRECTIONNELS ET A TRAFIC NON FAIBLE DE GABARIT > 3,50 m

NON URBAIN 2 TUBES		300 m	500 m	800 m	1000 m	1500 m	3000 m	5000 m	
DISPOSITIONS DE GENIE CIVIL									
SURLARGEUR / TROTTOIR	§ 2.1	Surlargeur pour l'accès des VS nécessaire ou non selon issues / accès de secours - Trottoir obligatoire à droite							
ISSUES / ACCES DE SECOURS	§ 2.2	-	Obligatoires tous les 400 m						
si profondeur < 15 m	§ 2.2.1	-	Communications directes avec l'extérieur obligatoires						
autres possib. si profondeur >= 15 m	§ 2.2.2	-	Communications entre tubes si place pour sas, galerie de sécurité ou abris (avec cheminement d'accès protégé) sinon						
DISPOSITIFS POUR VS	en tunnel § 2.3.1	-	-	-	Tous les 800 m communications entre tubes si faisables, sinon possib. retournement				
aux têtes	§ 2.3.2	Avant chaque entrée, emplacement de stationnement à droite et possibilité de passage d'un tube à l'autre							
NICHES DE SECURITE	§ 2.4	Tous les 200 m à droite							
NICHES INCENDIE	§ 2.5	-	De préférence distinctes des niches de sécurité, tous les 200 m (d'un seul côté)						
HELISURFACE	§ 2.6	-	-	-	-	-	-	Si accès difficiles	
ANTI-RECYCLAGE DE LA FUMEE	§ 2.7	Dispositions à prendre pour éviter le passage des fumées d'un tube à l'autre, de préférence au niveau du génie civil							
GARAGES	§ 2.8	-	-	-	Tous les 800 m si réduction du nombre de files au droit d'un véhicule arrêté				
EQUIPEMENTS DE SECURITE									
ALIMENTATION ELECTRIQUE	§ 3.1	Prises dans les niches de sécurité + alimentation secourue sans coupure + alimentation secourue de puissance (obligatoire seulement si ventilation)							
VENTILATION SANITAIRE	§ 3.2.1	Concentration en CO < 150 ppm et K < 9.10 ⁻³ m ⁻¹ en cas de blocage accidentel de la circulation							
VENTILATION DE DESENFUMAGE :	§ 3.2.2	-	Oblig. sauf compens.	-	-	-	-	Obligatoire	
- LONGITUDINALE	§ 3.2.2.a	-	-	-	-	-	-	Recommandée Avec extract. mass.	
- (SEMI-) TRANSVERSALE	§ 3.2.2.b	-	-	-	-	-	-	Préférer longitudinale dans toute la mesure du possible	
contrôle du courant d'air		-	-	-	-	-	-	Obligatoire	
ECLAIRAGE / BALISAGE LUMINEUX	§ 3.3	Eclairage de sécurité + plots de balisage lumineux tous les 10 m de chaque côté							
POSTES D'APPEL D'URGENCE	§ 3.4	Dans les niches de sécurité (tous les 200 m) + dans les issues / accès de secours							
LUTTE CONTRE INCENDIE extincteurs	§ 3.5.1	2 extincteurs dans chaque niche de sécurité (tous les 200 m)							
alimentation en eau	§ 3.5.2	-	Bouche ou poteau d'incendie tous les 200 m						
DETECTION D'INCENDIE	§ 3.6	Selon les cas (voir aussi § 7.3.2 si TMD autorisé)							
SIGNALISATION des disp. de sécurité	§ 3.7.1	Obligatoire (lumineuse et permanente en tunnel)							
d'arrêt aux têtes	§ 3.7.2	Obligatoire 50 m avant chaque entrée							
d'arrêt avec barrière + PMV aux têtes		-	-	-	-	-	-	Obligatoire si surveillance humaine (degré D3 ou D4) Obligatoire	
d'arrêt avec PMV en tunnel		-	-	-	-	-	-	Tous les 800 m si surv. (degré D3 ou D4) Tous les 800 m	
d'affectation de voie	§ 3.7.3	-	-	-	-	-	-	Tous les 400 m si surv. (degré D3 ou D4) Tous les 400 m	
RETRANSMISSION RADIO	§ 3.8	-	-	-	-	-	-	Au moins des VS Au moins VS ; usagers si surv. (D3 ou D4) VS + usagers	
SURVEILLANCE TV ET D.A.I.	§ 3.9	Obligatoires si surveillance humaine (degré D3 ou D4) Obligatoires							
EXPLOITATION									
DEGRE DE PERMANENCE/SURVEILL.	§ 5.1.1	Degrés D1 à D4 autorisés - choix selon tunnel, trafic et TMD						Surv. permanente obligatoire (degré D4)	
MOYENS DE SECOURS SPECIFIQUES	§ 5.1.2	Nécessité à apprécier selon tunnel, trafic, TMD et éloignement des moyens de secours publics							

Tableau 4 : TUNNEL NON URBAIN A UN TUBE BIDIRECTIONNEL ET A TRAFIC NON FAIBLE DE GABARIT > 3,50 m

NON URBAIN 1 TUBE bidirect.		300 m	500 m	800 m	1000 m	1500 m	3000 m	5000 m	
DISPOSITIONS DE GENIE CIVIL									
TROTTOIRS	§ 2.1.2	Obligatoires de chaque côté							
ISSUES / ACCES DE SECOURS	§ 2.2	-	Obligatoires tous les 400 m						
si profondeur < 15 m	§ 2.2.1	-	Communications directes avec l'extérieur obligatoires						
autres possib. si profondeur >= 15 m	§ 2.2.2	-	Galerie de sécurité ou abris (avec cheminement d'accès protégé de l'incendie)						
DISPOSITIFS POUR VS en tunnel	§ 2.3.1	-	-	-	-	-	-	Possibilité de retournement tous les 800 m	
aux têtes	§ 2.3.2	Avant chaque entrée, emplacement de stationnement à droite et possibilité de retournement							
NICHES DE SECURITE	§ 2.4	Tous les 200 m de chaque côté et face à face							
NICHES INCENDIE	§ 2.5	-	De préférence distinctes des niches de sécurité, tous les 200 m (d'un seul côté)						
HELISURFACE	§ 2.6	-	-	-	-	-	-	Si accès difficiles ; à chaque tête si poss.	
GARAGES	§ 2.8	-	-	-	-	-	-	Tous les 800 m si réduction du nombre de files au droit d'un véhicule arrêté	
EQUIPEMENTS DE SECURITE									
ALIMENTATION ELECTRIQUE	§ 3.1	Prises dans les niches de sécurité + alimentation secourue sans coupure + alimentation secourue de puissance (obligatoire seulement si ventilation)							
VENTILATION SANITAIRE	§ 3.2.1	Concentration en CO < 150 ppm et K < 9.10 ⁻³ m ⁻¹ en cas de blocage accidentel de la circulation							
VENTILATION DE DESENFUMAGE :	§ 3.2.2	-	Oblig. sauf compens.	Obligatoire					
- LONGITUDINALE	§ 3.2.2.a	-	Acceptée avec mesures compensatoires					Interdite	
- (SEMI-) TRANSVERSALE	§ 3.2.2.b	-	Acceptée						
contrôle du courant d'air		-	-	-	-	-	-	Obligatoire	
ECLAIRAGE / BALISAGE LUMINEUX	§ 3.3	Eclairage de sécurité + plots de balisage lumineux tous les 10 m de chaque côté							
POSTES D'APPEL D'URGENCE	§ 3.4	Dans les niches de sécurité (tous les 200 m de chaque côté) + dans les issues / accès de secours							
LUTTE CONTRE INCENDIE extincteurs	§ 3.5.1	2 extincteurs dans chaque niche de sécurité (tous les 200 m de chaque côté)							
alimentation en eau	§ 3.5.2	-	Bouche ou poteau d'incendie tous les 200 m (d'un seul côté)						
DETECTION D'INCENDIE	§ 3.6	-	Selon cas (cf. 7.3.2)	Obligatoire si degré D1, D2, ou D3 de perm., éventuelle si D4					Eventuelle
SIGNALISATION des disp. de sécurité	§ 3.7.1	Obligatoire (lumineuse et permanente en tunnel)							
d'arrêt aux têtes	§ 3.7.2	Obligatoire 50 m avant chaque entrée							
d'arrêt avec barrière + PMV aux têtes		-	-	Obligatoire si surveillance humaine (degré D3 ou D4)					Obligatoire
d'arrêt avec PMV en tunnel		-	-	-	Tous les 800 m si surv. (degré D3 ou D4)				Tous les 800 m
d'affectation de voie	§ 3.7.3	-	-	Tous les 400 m si degré D3 ou D4 de permanence / surveillance et si plus d'une voie par sens					
RETRANSMISSION RADIO	§ 3.8	-	-	Au moins des VS	Au moins VS ; usagers si surv. (D3 ou D4)				VS + usagers
SURVEILLANCE TV ET D.A.I.	§ 3.9	Obligatoires si surveillance humaine (degré D3 ou D4)						Obligatoires	
EXPLOITATION									
DEGRE DE PERMANENCE/SURVEILL.	§ 5.1.1	Degrés D1 à D4 autorisés - choix selon tunnel, trafic et TMD						Surv. permanente obligatoire (degré D4)	
MOYENS DE SECOURS SPECIFIQUES	§ 5.1.2	Nécessité à apprécier selon tunnel, trafic, TMD et éloignement des moyens de secours publics							Obligat. aux 2 têtes

Tableau 5 : TUNNEL NON URBAIN A UN TUBE BIDIRECTIONNEL ET A FAIBLE TRAFIC DE GABARIT > 3,50 m

FAIBLE TRAFIC 1 TUBE bidir.		300 m	500 m	800 m	1000 m	1500 m	3000 m	5000 m
DISPOSITIONS DE GENIE CIVIL								
TROTTOIRS	§ 2.1.2							Obligatoires de chaque côté
ISSUES / ACCES DE SECOURS	§ 2.2	-						Recommandés tous les 400 m
si profondeur < 15 m	§ 2.2.1	-						Communications directes avec l'extérieur
autres possib. si profondeur >= 15 m	§ 2.2.2	-						Galerie de sécurité ou abris (avec cheminement d'accès protégé de l'incendie)
DISPOSITIFS POUR VS	§ 2.3.1	-	-	-				Possibilité de retournement tous les 800 m
en tunnel	§ 2.3.2							Avant chaque entrée, emplacement de stationnement à droite et possibilité de retournement
aux têtes	§ 2.4							Tous les 200 m de chaque côté et face à face
NICHES DE SECURITE	§ 2.5	-						De préférence distinctes des niches de sécurité, tous les 200 m (d'un seul côté)
NICHES INCENDIE	§ 2.6	-	-	-	-	-		Si accès difficiles ; à chaque tête si poss.
HELISURFACE	§ 2.8	-	-	-	-	-	-	
GARAGES	§ 2.8	-	-	-	-	-	-	
EQUIPEMENTS DE SECURITE								
ALIMENTATION ELECTRIQUE	§ 3.1							Prises dans les niches de sécurité + alimentation secourue sans coupure + alimentation secourue de puissance (obligatoire seulement si ventilation)
VENTILATION SANITAIRE	§ 3.2.1							Concentration en CO < 150 ppm et K < 9.10 ⁻³ m ⁻¹ en cas de blocage accidentel de la circulation
VENTILATION DE DESENFUMAGE :	§ 3.2.2	-	-	-				Obligatoire
- LONGITUDINALE	§ 3.2.2.a	-	-	-		Accept. av. compens.		Interdite (sauf circonstances particulières, avec compens.)
- (SEMI-) TRANSVERSALE	§ 3.2.2.b	-	-	-				Acceptée
contrôle du courant d'air		-	-	-	-	-		Obligatoire
BALISAGE LUMINEUX	§ 3.3							Plots de balisage lumineux tous les 10 m de chaque côté
POSTES D'APPEL D'URGENCE	§ 3.4							Dans les niches de sécurité (tous les 200 m de chaque côté) + dans les issues / accès de secours
LUTTE CONTRE INCENDIE extincteurs	§ 3.5.1							2 extincteurs dans chaque niche de sécurité (tous les 200 m de chaque côté)
alimentation en eau	§ 3.5.2	-						Bouche ou poteau d'incendie tous les 200 m (d'un seul côté)
DETECTION D'INCENDIE	§ 3.6	-	-	-				Obligatoire si degré D1, D2, ou D3 de permanence et surveillance, éventuelle si D4
SIGNALISATION des disp. de sécurité	§ 3.7.1							Obligatoire (lumineuse et permanente en tunnel)
d'arrêt aux têtes	§ 3.7.2							Obligatoire 50 m avant chaque entrée
d'arrêt avec barrière + PMV aux têtes		-	-					Obligatoire si surveillance humaine (degré D3 ou D4 de permanence et surveillance)
d'arrêt avec PMV en tunnel		-	-	-				Tous les 800 m si surveillance humaine (degré D3 ou D4)
d'affectation de voie	§ 3.7.3	-	-	-	-	-	-	
RETRANSMISSION RADIO	§ 3.8	-	-					Au moins des VS (peut être remplacée par 2 lignes téléphoniques fixes) ; usagers si surv. (degré D3 ou D4)
SURVEILLANCE TV ET D.A.I.	§ 3.9							Obligatoires si surveillance humaine (degré D3 ou D4)
EXPLOITATION								
DEGRE DE PERMANENCE/SURVEILL.	§ 5.1.1							Degrés D1 à D4 autorisés - choix selon tunnel, trafic et TMD
MOYENS DE SECOURS SPECIFIQUES	§ 5.1.2							Nécessité à apprécier selon tunnel, trafic, TMD et éloignement des moyens de secours publics

Tableau 6 : RESISTANCE AU FEU DES STRUCTURES

NIVEAUX DE RESISTANCE	Gabarit > 3,50 m (paragraphe 4.2.2 de l'instruction technique)	Gabarit ≤ 3,50 m (paragraphe 6.2 de l'instruction technique)
N0	Pas de risque d'effondrement en chaîne	
N1	CN 120	CN 60
N2	HCM 120	CN 60
N3	CN 240 HCM 120	CN 60

STRUCTURES PRINCIPALES (Paragraphe 4.3.1 et 6.2 de l'instruction technique)	
Cas général de sol et d'environnement (pas de risque d'effondrement ou d'inondation catastrophiques, ni de risques graves en surface ou pour d'autres constructions)	
- Cas général (rupture locale sans conséquence sur la sécurité des usagers ou des services de secours pouvant être présents ailleurs dans le tunnel)	N0
- Risque pour voie portée (piétonne ou routière) : cas général si indispensable de préserver la voie portée	N1 N2 ou N3
- Risque pour stabilité/séparation d'un autre tube : lorsqu'il y a des communications directes avec l'extérieur lorsqu'il y n'a pas de communications directes avec l'extérieur	N1 N2
- Risque de couper des gaines de ventilation ou des câbles : s'ils sont importants pour l'intervention des secours s'ils sont nécessaires pour des abris ou leurs cheminements	N1 N2
Risque catastrophique d'inondation ou d'envahissement du tunnel par le sol	N3
Risque de dommages graves en surface, à un autre ouvrage ou à une structure habitée ou occupée	N3 (*)
STRUCTURES DE SECOND ŒUVRE (Paragraphe 4. 3. 2 de l'instruction technique)	
Faux plafonds et parois séparant les gaines de ventilation du tunnel	
- Cas général (perte de continuité locale sans conséquence sur la sécurité des usagers présents ailleurs dans le tunnel)	N0
- Si continuité du conduit importante pour l'action des secours	N1
- Gainés de ventilation des abris	N2
Autres parois des gaines de ventilation	
- Cas général	N0
- Gainés servant au désenfumage	120 minutes (**)
Parois séparant les locaux techniques et stations de ventilation du tunnel	
- Vis-à-vis d'un incendie survenant dans le local	N1
- Vis-à-vis d'un incendie survenant dans le tunnel : cas général si risque pour l'utilisation des abris et de leurs cheminements si risque pour la continuité de l'alimentation électrique ou des télécommunications dans le tunnel	N1 N2 N3
Aménagements pour l'évacuation ou la protection des usagers et l'accès des secours	
- Communications directes avec l'extérieur	CN 60
- Communications entre tubes : si paroi commune entre les tubes si pas de paroi commune	idem paroi N2
- Galeries de sécurité, abris et leurs cheminements	N2 (***)
Dalle supportant la chaussée	
- Cas général	N0
- Dalle délimitant un espace demandant une protection plus élevée	idem cet espace
(*) CN 240, 180 ou 120 pour un bâtiment, selon sa nature, en cas de gabarit inférieur ou égal à 3,50 m	
(**) Vis-à-vis des températures les plus défavorables susceptibles de régner de part et d'autre	
(***) avec en outre une condition de température inférieure à 60 °C de la face non exposée au feu	