



Tunnels canaux

Fascicule de recommandations
techniques pour la sécurité
des tunnels canaux



Les recommandations du présent document sont issues des travaux du premier groupe de réflexion mis en place par VNF en concertation avec la Direction des Transports Terrestres et la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile avec la collaboration de Bureau Veritas Consulting.

Ce groupe de travail s'est réuni à 6 reprises entre octobre 2003 et avril 2004. Chaque réunion, préparée et animée par Bureau Veritas Consulting, portait sur un ou plusieurs thèmes, et a fait l'objet d'un compte rendu. Ces comptes rendus ont été retranscrits dans le Fascicule de Recommandations Techniques (FRT) en date du 3 octobre 2005, puis complétés par des annexes thématiques rédigées avec le concours de Scetauroute et CA'Ingénierie.

Le groupe de travail était constitué des personnes suivantes :

M	BARAT	Louis	Intérieur/DDSC/BRNT
M	BELGRAND	Marc	VNF – DR Nord-Pas de Calais
M	COLOMBET	Stéphane	VNF – DIR Seine - ACH
M	CONANGLE	Alain	CETMEF
M	COUSIN	François	DTT / VN1
Mme	DE LA PERSONNE	Corinne	VNF – DIE
M	DESCAMPS	Jérôme	VNF – DIE
M	FEUILLOLEY	Denis	VNF – DIR Seine - TVE
M	FOUBET	Clément	VNF – DIE
M	HABART	Marc	CA'Ingénierie
M	HATIER	Maurice	VNF – DIR Nord-Est – Subdivision de Nancy
M	LANDABOURE	Frédéric	VNF – DIR Seine - TVE
M	LARNICOL	Olivier	Bureau Veritas Consulting
M	LEFEBVRE	Alain	VNF – DR Nord-Pas de Calais – Subdivision de Cambrai
M	MATRAT	Olivier	VNF – DIE
M	PEIX	Raymond	CETMEF
M	RAVERDY	Patrick	CETMEF
M	SAGET	Claude	LCIE
M	TRIADOU	Jean-Jacques	Ville de Paris
M	VERGNAULT	Jean-Michel	Intérieur/DDSC/BRNT

En 2012, VNF a lancé une démarche d'actualisation du FRT. Un nouveau groupe de travail s'est réuni à 3 reprises entre juin et octobre 2012 avec le concours du Groupe Setec pour mettre à jour le texte et les annexes thématiques. Le présent Fascicule de Recommandations Techniques (FRT) est le résultat de cette démarche.

Le nouveau groupe de travail était constitué des personnes suivantes :

M	BASSET	Eric	VNF - DAGD
M	FLIPPE	Pierre-Emmanuel	VNF - DIEE
Mme	LASON	Tiphaine	VNF - DIEE
M	LEFEBVRE	Alain	VNF - DIR Nord Pas de Calais - Subdivision de Cambrai
M	MATRAT	Olivier	VNF - DIEE
M	POINSOT	Frédéric	VNF - DL Haute Marne - Subdivision de Longeau
M	RAVERDY	Patrick	CETMEF
M	TANT	Stéphane	VNF - DIEE
M	TESSON	Marc	CETU
M	VUITTENEZ	Lionel	VNF - DL Haute Marne

SOMMAIRE

1	Préambule	6
1.1	<i>Objectifs du Fascicule</i>	<i>6</i>
1.2	<i>Données générales sur les tunnels canaux</i>	<i>6</i>
1.3	<i>Fréquentation des tunnels canaux.....</i>	<i>7</i>
1.3.1	Transport de marchandises	7
1.3.2	Transport de marchandises dangereuses	7
1.3.3	Navigation de plaisance	8
1.3.4	Transport de passagers	8
1.3.5	Autres usagers des tunnels canaux	8
2	Champ d'application	9
2.1	<i>Définition des tunnels</i>	<i>9</i>
2.2	<i>Classification des tunnels canaux</i>	<i>9</i>
2.3	<i>Application des présentes recommandations.....</i>	<i>10</i>
3	Dispositions de génie civil	11
3.1	<i>Accès au tunnel et stationnement des secours</i>	<i>11</i>
3.1.1	Accès terrestre	11
3.1.2	Accès par la voie navigable	12
3.1.3	Accès par la voie aérienne.....	12
3.1.4	Zones d'attente	12
3.2	<i>Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours</i>	<i>12</i>
3.2.1	Corniches et banquettes	13
3.2.2	Aménagements pour maintenir la tête hors de l'eau	13
3.2.3	Aménagement pour s'extraire de l'eau	13
3.2.4	Cheminements d'évacuation	13
3.2.5	Niches de sécurité et refuges	13
4	Équipements de sécurité	14
4.1	<i>Alimentation électrique</i>	<i>14</i>
4.1.1	Alimentation normale	14
4.1.2	Alimentation secourue de puissance	15
4.1.3	Alimentation secourue sans interruption (faible puissance)	15
4.2	<i>Signalisation, balisage et gestion de la navigation</i>	<i>16</i>
4.2.1	Signalisation fixe réfléchissante aux têtes et en section courante	16
4.2.2	Signalisation lumineuse de trafic (feux de navigation)	17
4.2.3	Moyens de fermeture des accès au tunnel	18
4.2.4	Gabarit avertisseur	18
4.2.5	Information des usagers.....	18
4.3	<i>Éclairage</i>	<i>19</i>
4.3.1	Éclairage des têtes de tunnel	19
4.3.2	Éclairage d'exploitation	19

4.3.3	Éclairage de sécurité	20
4.3.4	Jalonnement.....	20
4.3.5	Éclairage des équipements de sécurité.....	20
4.4	Moyens d'appel d'urgence.....	21
4.5	Détection et lutte contre l'incendie	22
4.5.1	Détection incendie	22
4.5.2	Extincteurs.....	22
4.5.3	Réseau d'eau incendie en tunnel	22
4.5.4	Moyens mobiles de pompage et de lutte incendie	22
4.6	Retransmission des communications.....	23
4.6.1	Communications hertziennes.....	23
4.6.2	Installations de radiocommunications au Poste de contrôle	23
4.7	Équipement de surveillance	24
4.8	Ventilation de désenfumage.....	26
4.9	Ventilation sanitaire	27
4.10	Comportement au feu des équipements et de leurs câbles	28
5	Exploitation et Maintenance	29
5.1	Moyens d'exploitation	29
5.1.1	Poste de contrôle pour l'exploitation	29
5.1.2	Exclusion des bateaux	30
5.1.3	Contrôle d'interdistance et de cadencement	30
5.1.4	Alternat	30
5.1.5	Mobilisation des secours, schéma d'alerte	31
5.1.6	Maintenance	31
5.2	Documents obligatoires.....	32
5.2.1	Règlement particulier de police ou avis à la batellerie n°1	32
5.2.2	Organisation courante de l'exploitation	33
5.2.3	Plan d'Intervention et de Sécurité	33
5.3	Suivi et maintien de la sécurité d'exploitation	34
5.3.1	Exercices de sécurité	34
5.3.2	Gestion du retour d'expérience	34
6	Synthèse des mesures préconisées en fonction d'incidents types	39
7	Synthèse des mesures préconisées en fonction des classes de tunnels.....	40

Liste des annexes

ANNEXE 1	Mesures préconisées en fonction d'incidents types	page 42
ANNEXE 2	Mesures préconisées en fonction de la classe des tunnels	page 43
ANNEXE 3	Gabarits de cheminement	page 44
ANNEXE 4	Issues de secours	page 48
ANNEXE 5	Alimentation électrique	page 56
ANNEXE 6	Panneaux et feux de signalisation	page 62
ANNEXE 7	Éclairage et balisage	page 72
ANNEXE 8	Réseau et postes d'appel d'urgence	page 80
ANNEXE 9	Lutte incendie	page 85
ANNEXE 10	Radiotransmissions	page 88
ANNEXE 11	Vidéosurveillance	page 93
ANNEXE 12	Détection des bateaux	page 96
ANNEXE 13	Ventilation de désenfumage	page 99
ANNEXE 14	Mesure de la qualité de l'air	page 110
ANNEXE 15	Gestion Technique Centralisée (GTC) et supervision	page 116

Les matériels ou installations décrites dans les annexes constituent des pistes de réflexion destinées à guider la réflexion des maîtres d'ouvrage lors des études et ne s'imposent en aucun cas comme des spécifications à appliquer telles quelles "à la lettre". Par ailleurs, les prix des équipements et matériels ne sont donnés qu'à titre indicatif et peuvent varier de façon significative en fonction du contexte du chantier, du volume de commande, du projet global.

1 Préambule

1.1 Objectifs du Fascicule

Le présent document a pour but essentiel de constituer un outil du responsable gestionnaire d'un ouvrage souterrain fluvial pour préparer et mettre en œuvre un programme d'amélioration de la sécurité de l'ouvrage.

L'objectif des recommandations est prioritairement d'assurer la sécurité des personnes présentes, usagers ou personnel, la sécurité des biens n'étant pas l'objectif principal. Elles cherchent à privilégier dans une large mesure l'auto-évacuation des personnes.

Il n'y a pas d'exigence réglementaire à appliquer les mesures préconisées. Elles peuvent être considérées comme un compromis raisonnable entre les exigences de sécurité et les contraintes d'aménagement.

1.2 Données générales sur les tunnels canaux

Il y a 31 tunnels canaux en exploitation recensés en France, totalisant 42 kilomètres de voies navigables couvertes. Le plus long de ces ouvrages, le tunnel de Riqueval, mesure 5 670 m.

Ces tunnels ont été construits pour la plupart aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles.

Leur gabarit est variable, néanmoins la plupart sont adaptés au gabarit Freycinet (péniches de longueur 38,5 m et de largeur 5,05 m) en mode d'exploitation unidirectionnel. La navigation se fait donc par alternat dans des ouvrages de largeur navigable de l'ordre de 5,5 m à 7 m pour la plupart. Cette organisation repose sur des moyens matériels et organisationnels très variables. Le touage, c'est-à-dire la traction des bateaux sous le tunnel par un bateau remorqueur appelé « toueur », est marginal et voué à disparaître (seuls deux toueurs électriques sont encore en activité en 2012). La navigation se fait donc de façon libre.

La vitesse de navigation est faible, de l'ordre de 5 km/h à 10 km/h au plus.

Dans certains tunnels, les péniches occultent une part importante de la section aérienne ou hydraulique, entraînant un fort effet de pistonement de l'air ou de l'eau.

Les tunnels sont situés sur des biefs délimités par des écluses à chaque extrémité. Ces écluses, points de passage incontournables, permettent un certain contrôle des bateaux présents sur le bief. La navigation obéit à des horaires d'ouverture dépendant de la voie d'eau sur laquelle se situe l'ouvrage.

1.3 Fréquentation des tunnels canaux

La fréquentation des tunnels canaux recouvre la nature et la fréquence des navigations ou circulations dans les tunnels. Cette fréquentation peut concerner différents types de transport ou d'activité.

Pour estimer le nombre de personnes présentes en tunnel, il pourra être considéré un effectif de 4 personnes par bateau de transport de marchandises ou de navigation de plaisance, soit l'effectif d'une famille.

La fréquentation induite par les autres activités, notamment les bateaux à passagers, devra être précisée pour chaque ouvrage.

1.3.1 Transport de marchandises

Le transport de marchandises intéressant les tunnels est principalement assuré par des péniches de gabarit Freycinet.

Une grande variété de marchandises est susceptible d'être transportée par voie navigable. Certaines, dont les « marchandises dangereuses », présentent des risques particuliers d'inflammation, d'explosion, de toxicité ou de pollution.

1.3.2 Transport de marchandises dangereuses

Le transport de marchandises dangereuses sur les voies navigables est régi par l'arrêté du 5 décembre 2002¹ ainsi que par la loi 2008-141 du 15 février 2008² transposant en droit français l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures, signé à Genève le 26 mai 2000.

Dans le cadre du présent FRT sera considéré comme « transport de marchandises dangereuses » tout transport relevant de ces textes.

¹ Arrêté modifié par les arrêtés du 7 juillet 2003, du 9 décembre 2003, du 8 juillet 2005, du 12 avril 2006, du 22 décembre 2006, du 28 janvier 2008 ainsi que du 9 décembre 2008.

² Loi publiée par le décret 2008-495 du 22 mai 2008.

1.3.3 Navigation de plaisance

La navigation de plaisance concerne principalement des particuliers dans le cadre d'activités liées aux loisirs.

Certains bateaux de plaisance ne nécessitent pas de permis. Les plaisanciers peuvent donc avoir une formation et expérience très limitée de la navigation.

1.3.4 Transport de passagers

Le transport de passagers sur les voies navigables concerne des unités de capacité très variable pour des usages de tourisme (croisières fluviales) ou de transport en commun. Ce type de catégorie de transport doit faire l'objet d'une vigilance particulière dans le Plan d'Intervention et de Sécurité.

1.3.5 Autres usagers des tunnels canaux

D'autres usagers, autorisés ou non, peuvent être rencontrés dans les tunnels canaux. C'est le cas, par exemple, des embarcations de sport nautique, mais aussi de piétons voire de deux-roues sur les corniches et banquettes.

L'accès aux tunnels est en général interdit à ces autres usagers. Toutefois, selon l'ouvrage, des autorisations peuvent leur être accordées, à titre ponctuel ou permanent, moyennant des dispositions d'exploitation adaptées. Ce type de catégorie de transport doit faire l'objet d'une vigilance particulière dans le Plan d'Intervention et de Sécurité.

2 Champ d'application

2.1 Définition des tunnels

Tout ouvrage de navigation intérieure couvert d'une longueur strictement supérieure à 50 m est considéré comme tunnel, quel que soit son rectangle de navigation.

2.2 Classification des tunnels canaux

À l'issue des travaux du groupe de réflexion mis en place par VNF en concertation avec la Direction des Transports Terrestres et la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile, la classification retenue est principalement basée sur la longueur des tunnels et le niveau de fréquentation de ces tunnels.

Classe 1 – Tunnels de moins de 350 m.

Classe 2 – Tunnels plus de 350 m à 1000 m

La classe 2 se subdivise en fonction de l'importance du trafic :

Classe 2a – moins de 8000 bateaux par an et moins de 80 bateaux par jour de pointe et moins de 100 bateaux à passagers par an.

Classe 2b – plus de 8000 bateaux par an ou plus de 80 bateaux par jour de pointe ou plus de 100 bateaux à passagers par an.

Classe 3 – Tunnels de plus de 1000 m

La composition des différentes classes est la suivante :

Classe 1		Classe 2a		Classe 2b		Classe 3	
Malpas	167	Ham-sur-Meuse	564	Tarragnoz	388	La Panneterie	1 058
Voûte Lafayette	103	Saint-Maur	597	Niderviller	475	Tronquoy	1 098
Thoraise	185	Saint-Albin	681	Savoieux	645	Voûtes du Temple, Richard-Lenoir, et Bastille	1 932
Saint-Aignan	197	Foug	866	Saint-Félix	730	Mont-de-Billy	2 302
Breuilles	212			La Collancelle	758	Arzviller	2 306
Revin	225					Braye-en-Laonnois	2 365
Mouas	268					Pouilly-en-Auxois	3 349
Chalifert	292					Ruyaulcourt	4 354
Condes	308					Balesmes	4 823
						Mauvages	4 877
						Bony ou Riqueval	5 670

La longueur des tunnels cités dans le tableau ci-dessus est donnée en mètres

2.3 Application des présentes recommandations

Les recommandations du présent FRT reflètent l'examen d'un large parc de tunnels canaux en France, dans un souci de recherche de solutions d'amélioration de la sécurité, inspirées lorsque possible de solutions mises en œuvre dans les domaines connexes que sont les transports ferroviaire et routier.

Sont intégrées les fortes spécificités des tunnels canaux tant du point de vue de leur exploitation que du caractère très contraint de ces infrastructures, le plus souvent centenaires.

Le cas échéant, il pourra être envisagé d'autres mesures que celles énoncées dans le présent FRT. Ces mesures alternatives ou complémentaires devront être définies suite à une étude de sécurité propre à l'ouvrage. Cette étude de sécurité permettra de préciser les écarts avec le niveau de sécurité **Globalement Au Moins Équivalent (GAME)** à celui résultant de l'application des présentes recommandation, et de définir les mesures prises pour s'approcher de ce niveau de sécurité. Les dispositions développées dans le fascicule 4 « Les études spécifiques des dangers » du guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers pourraient éventuellement, dans cette perspective, être adaptées au contexte des tunnels canaux.

3 Dispositions de génie civil

Tout usager qui traverse un tunnel canal doit pouvoir le faire en toute sécurité, l'infrastructure doit être dotée de tous les aménagements qui garantissent l'évacuation autonome des personnes en cas d'incident.

Cette partie du FRT renvoie aux dispositions de génie civil concernant :

- les aménagements destinés aux véhicules de secours et les accès des secours,
- les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers.

3.1 Accès au tunnel et stationnement des secours

Dans le cadre de l'intervention des services d'exploitation et de secours, il est important que les véhicules de service puissent s'approcher le plus près possible de l'ouvrage touché par un incident. L'intervention des secours et des services d'exploitation nécessite des aménagements appropriés pour pouvoir accéder au plus vite en cas d'incident et d'utiliser leurs engins de sauvetage/d'exploitation dans les meilleures conditions possibles. L'accessibilité de l'ouvrage peut être terrestre, navigable et/ou aérienne.

3.1.1 Accès terrestre

Chaque tunnel doit disposer d'un accès terrestre aux têtes ou à proximité des têtes, utilisable par les engins des services de secours.

Pour les tunnels de classe 2 et 3, il sera prévu une aire de stationnement et de retournement des engins des services de secours, à proximité du débouché de la voirie d'accès au tunnel. Cette aire de stationnement et de retournement sera à distance suffisante pour permettre la dissipation des fumées si le système de ventilation prévoit leur évacuation par les têtes de l'ouvrage.

Lorsque le tunnel est desservi par un chemin de halage, ce dernier est mis en communication par un moyen fixe ou mobile avec au moins une banquette ou corniche aménagée pour l'évacuation.

Une fois les solutions de désenfumage mises en œuvre, les puits restant disponibles peuvent être équipés, si leurs dimensions le permettent, d'échelons ou d'échelles à crinoline pour l'accès des secours. Le débouché extérieur de la communication est équipé de moyens d'arrimage utilisables par les services de secours. Il est équipé d'une fermeture évitant le risque de chute. Les communications ne devront pas pouvoir être empruntées depuis l'extérieur par des personnes non autorisées.

Lorsqu'il existe des communications avec l'extérieur utilisables par les secours, celles-ci sont desservies par un chemin entretenu permettant d'accéder à leur débouché extérieur. Le chemin d'accès est fléché, à l'attention des secours, à partir du réseau routier le desservant.

3.1.2 Accès par la voie navigable

Dans la mesure du possible, des moyens de mise à l'eau, utilisables par les services de secours, seront mis en œuvre pour les tunnels de classe 3. Sauf convention avec les services de secours, ces moyens seront fournis par le maître d'ouvrage. Ils sont disponibles au plus près de chaque tête et à proximité de l'aire de stationnement et de retournement des engins.

3.1.3 Accès par la voie aérienne

À proximité de chaque tête, et des communications avec l'extérieur lorsqu'elles existent, les éventuelles aires permettant à un hélicoptère de se poser sont recensées en concertation avec les services d'intervention.

3.1.4 Zones d'attente

La conception de zone d'attente aux abords des tunnels canaux (en amont ou en aval) devra satisfaire aux exigences suivantes :

- offrir aux marinsiers une visibilité suffisante en approche du tunnel pour lui permettre d'anticiper sa manœuvre. Cette visibilité doit s'étendre sur une longueur minimale correspondant à trois fois la longueur du bateau dimensionnant,
- offrir un espace suffisant pour permettre en toute sécurité les manœuvres d'accostage et d'amarrage pour les bateaux arrivant aux postes d'attente ou les quittant et pour ceux qui s'engagent dans le tunnel,
- offrir 3 postes d'attente à l'amont et à l'aval du tunnel pour permettre l'amarrage temporaire de trois bateaux d'une taille correspondant à la taille maximale des bateaux de projet, ceci tout en garantissant la libre circulation des bateaux entrant ou sortant du tunnel,
- les postes d'attente devront être compatibles avec les règles relatives au transport de matières dangereuses,
- les postes d'attente devront être équipés de bollards avec une interdistance adaptée au trafic et équipés d'échelles,
- lorsqu'un poste d'attente sera aménagé à l'aide de ducs d'Albe, une passerelle pour piétons permettra l'embarquement/débarquement éventuel. Les ducs d'Albe seront arasés pour permettre l'amarrage des bateaux légers ou chargés et seront également équipés de bollards à deux niveaux.

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

Selon le génie civil du tunnel canal, en cas de problème ou de risque d'accident, les usagers doivent trouver des issues qui les emmènent au plus vite vers l'extérieur de l'ouvrage.

Certaines dispositions sont requises au niveau du génie civil pour l'évacuation et la protection des usagers ainsi que l'accès au secours.

3.2.1 Corniches et banquettes

Tout tunnel sera équipé d'au moins un cheminement pouvant être emprunté par des piétons, en bon état, et équipé de manière privilégiée pour l'évacuation. Pour les tunnels ne pouvant être équipés de cheminement, l'analyse de risques exposera les éventuelles mesures compensatoires.

Le cheminement sera libre de tout obstacle, notamment l'encastrement des équipements sera privilégié autant que faire se peut par rapport à l'installation en saillie.

Le cheminement d'évacuation privilégié sera équipé d'une main courante côté piédroit.

Lorsqu'un garde-corps est installé sur le cheminement côté voie d'eau, celui-ci sera, dans la mesure du possible, interrompu ou muni d'un dispositif aisément démontable ou franchissable tous les 50 m et au droit des échelles de sortie.

3.2.2 Aménagements pour maintenir la tête hors de l'eau

Tous les tunnels seront équipés, sur toute leur longueur et au minimum d'un côté, d'un aménagement permettant à toute personne tombée dans le canal de se maintenir la tête hors de l'eau. Cet aménagement sera accessible depuis l'eau sur l'amplitude de marnage.

3.2.3 Aménagement pour s'extraire de l'eau

Les tunnels de classe 2 ou 3 seront équipés d'un aménagement permettant à un usager de s'extraire de l'eau pour gagner les cheminements d'évacuation. Ces dispositifs seront implantés au minimum au niveau des postes d'appel d'urgence et, à défaut, avec un espacement maximal de 200 m.

3.2.4 Cheminements d'évacuation

Pour les tunnels de classe 2b et au-delà, des communications vers l'extérieur seront aménagées pour l'évacuation lorsque cela est possible. Il sera notamment tenu compte de critères tels que la possibilité d'aménagement de galeries existantes, la couverture de terrain, la complexité des réseaux et les contraintes économiques. Ces éventuelles issues de secours seront signalées par un pictogramme et par un éclairage.

3.2.5 Niches de sécurité et refuges

La nécessité d'aménagement de niches de sécurité et de refuges n'a pas été retenue pour les tunnels canaux.

4 Équipements de sécurité

L'essentiel des équipements de sécurité est conçu pour apporter des réponses à un certain nombre de préoccupations telles que :

- la gestion du trafic et de la qualité de l'air,
- la détection des incidents,
- la communication entre usagers, exploitant et services de secours.

4.1 Alimentation électrique

Une grande partie des équipements de secours (la signalisation lumineuse, l'éclairage, les moyens d'appel d'urgence, la détection incendie, les équipements de surveillance, les retransmissions de communication, ...) dépendent d'une alimentation électrique.

Cette alimentation pourra être de trois types :

- **Alimentation normale** (gestion courante) :
Elle concerne les équipements et systèmes qui supportent une alimentation avec coupure possible répétée et/ou longue et qui ne font pas partie des équipements de sécurité devant être maintenus en fonctionnement permanent ;
- **Alimentation secourue de puissance** pour assurer la continuité de service et le secours notamment du système de ventilation :
Elle concerne les systèmes devant être maintenus en fonctionnement, mais pouvant supporter une coupure de courte durée due à la reprise d'une source de secours, ou des systèmes dont les puissances en jeu (accélérateurs par exemple) ne peuvent permettre la mise en place, dans des conditions financières et techniques raisonnables, d'une alimentation sans coupure constituée d'onduleurs et/ou batteries ;
- **Alimentation secourue sans interruption (faible puissance)** pour la mise en sécurité de l'ouvrage afin d'assurer l'évacuation des personnes présentes :
Elle concerne les systèmes et équipements qui ne peuvent accepter techniquement, sans risque de détérioration, une coupure, ou encore les systèmes indispensables à l'évacuation et à la mise en sécurité de l'ouvrage (p.ex. automates, éclairage de sécurité,...).

4.1.1 Alimentation normale

Les possibilités de raccordement au réseau HTA influent sur l'implantation des transformateurs et donc des points de la livraison d'électricité BT dans le tunnel.

La source principale d'alimentation pourra être issue :

- d'une alimentation HTA,
- d'une ou plusieurs sources d'alimentation BT.

Pour les tunnels de classe 2 et 3, une sécurisation pourra être mise en œuvre :

- soit par une seconde boucle HTA pour desservir les transformateurs répartis sur la longueur du tunnel. Cette boucle sera implantée de sorte à permettre le maintien de la distribution en cas de destruction ponctuelle,
- soit par redondance entre sources d'alimentation.

La politique retenue sera mise en œuvre en fonction des contraintes locales et de l'architecture électrique choisie.

Pour les tunnels de classe 3, il pourra être recherché deux sources de livraison HTA distinctes et indépendantes, par exemple une à chaque tête, avec possibilité de reprise de l'alimentation complète du tunnel depuis l'une des sources.

L'investissement lié aux sources HTA devra être apprécié au cas par cas compte tenu de son coût élevé, et au regard de la fréquentation du tunnel et de l'analyse des risques associés.

Les procédures d'exploitation en mode dégradé pourront pallier l'absence de sources redondantes. Par exemple, en cas de panne, il est possible de faire évacuer le trafic présent dans le tunnel grâce à l'activation des équipements nécessaires à l'auto-évacuation, alimentés sur une source secourue sans interruption.

Les transformateurs seront dimensionnés et implantés de sorte à pouvoir reprendre l'alimentation des équipements adjacents en cas de panne de l'un d'entre eux.

4.1.2 Alimentation secourue de puissance

Pour les tunnels de catégorie 3, il pourra être mis en place une alimentation de secours, soit par mise en œuvre d'un groupe électrogène fixe, soit par utilisation d'un groupe électrogène mobile raccordé au local technique considéré par le biais d'un coffret spécifique.

L'utilité de ces installations sera appréciée au cas par cas en fonction du coût de l'équipement, de la fréquentation du tunnel et de l'analyse des risques associés.

La puissance du ou des groupes électrogènes devra permettre de reprendre tout ou partie de l'alimentation qu'il secourt, en accord avec l'analyse des risques de l'installation.

Le basculement sur groupe électrogène fixe en cas de perte de l'alimentation principale se fera automatiquement.

La cuve ou le réservoir devront être dimensionnés afin de pouvoir alimenter l'installation pendant au minimum 48 heures.

4.1.3 Alimentation secourue sans interruption (faible puissance)

En cas de perte de l'alimentation électrique principale, les équipements de sécurité nécessaires à la mise en sécurité du tunnel (évacuation et fermeture ou restrictions d'exploitation), seront maintenu alimentés par une source autonome (type batterie/onduleur). La durée d'autonomie sera calculée en fonction du cas le plus critique pour l'évacuation des personnes et/ou des embarcations dans l'ouvrage.

En vue de minimiser la puissance des onduleurs, en cas de perte totale de l'alimentation électrique principale, des délestages pourront être mis en œuvre, par exemple alimentation d'un luminaire sur deux.

4.2 Signalisation, balisage et gestion de la navigation

La signalisation, le balisage et la gestion de la navigation sont des éléments primordiaux de la sécurité : ils permettent de guider tous les usagers des tunnels canaux, mais également de les localiser, de les prévenir de dangers, de les éviter et de contrôler la navigation et le trafic en situation incidentielle.

4.2.1 Signalisation fixe réfléchissante aux têtes et en section courante

Les préconisations suivantes de signalisation ne se substituent pas aux obligations réglementaires en matière de signalisation des tunnels.

Tous les tunnels seront équipés, aux têtes de ces ouvrages, de panneaux réfléchissants :

- de signalisation du rectangle de navigation ;
- d'interdiction d'accès aux personnes non autorisées (piétons, deux-roues, sports nautiques...) ;
- d'interdiction aux embarcations non autorisées (le cas échéant : transport de passagers, TMD...) ;
- d'obligation de port du gilet de sauvetage pour l'accès au tunnel (applicable aux usagers autres que ceux à bord des bateaux de transport de passagers, régis par des dispositions réglementaires spécifiques à ces bâtiments).

Les restrictions d'accès aux tunnels doivent être signalées avec suffisamment d'anticipation pour que le pilote du bateau ne s'engage pas inutilement dans l'ouvrage visé par ces restrictions.

Les tunnels de classe 2 et 3 seront équipés d'une signalisation :

- d'interdiction de demi-tour, aux têtes de l'ouvrage et en gare centrale,
- d'indication de vitesses limites (mini / maxi), aux têtes de l'ouvrage,
- des zones d'arrêt en tunnel ainsi que des issues de secours lorsqu'elles existent,
- d'interdiction d'arrêt en tunnel en dehors des zones spécifiquement prévues à cet effet et aux têtes de l'ouvrage.

En outre, les tunnels de classe 2 et 3 seront équipés de pictogrammes éclairés de signalisation des issues ou des sorties du tunnel tous les 50m, ainsi qu'au niveau des postes d'appel d'urgence, indiquant l'éloignement des issues lorsqu'elles existent ou des têtes.

Lorsque le tunnel est muni d'un système de désenfumage (cf. 4.8. ci-après) et d'un système dynamique d'information des usagers (cf. 4.2.5. ci-après), la nécessité de maintenir cette disposition pourra être appréciée au regard d'une analyse des risques et d'une étude de fiabilité des systèmes installés.

Les tunnels de classe 2 et 3 seront équipés de plaques de jalonnement décamétriques pour les besoins d'exploitation, de maintenance et d'intervention en cas de sinistre.

Le Règlement Particulier de Police (RPP) rappellera les interdictions et restrictions propres à chaque ouvrage.

4.2.2 Signalisation lumineuse de trafic (feux de navigation)

La signalisation lumineuse de trafic (feux de navigation) est étudiée au cas par cas selon le contexte et la configuration du tunnel (voie unique, alternat, règlement de navigation).

Cependant les règles ci-dessous peuvent être appliquées de manière générale :

Pour les tunnels de classe 1, la nécessité d'une signalisation lumineuse de trafic devra être appréciée en fonction de la visibilité, en approche, du débouché du tunnel compte tenu de la vitesse des bateaux.

Les tunnels de classe 2 et de classe 3 seront équipés de feux d'alternat aux têtes. Ces feux seront associés à un dispositif permettant, dans chaque sens de navigation, la détection des bateaux entrant et sortant du tunnel, afin de piloter les feux en sécurité et de détecter les entrées lorsque l'accès au tunnel est interdit.

Dans le cas de l'existence de gares centrales, un dispositif similaire sera prévu pour gérer l'alternat pour chacune des sections du tunnel situées de part et d'autre de cette gare centrale.

Dans les tunnels de classe 3, des feux de navigation seront installés en section courante avec un pas d'environ 500 m. L'interdistance entre deux feux de navigation sera calculée en fonction des contraintes imposées par le système de ventilation sur le cadencement entre embarcations.

Cette signalisation de section courante sera utilisée pour ordonner l'arrêt des bateaux en cas de blocage de la navigation.

La signalisation lumineuse devra être conforme à la réglementation, à savoir :

- bi-feux pour la signalisation à l'intérieur du tunnel,
- tri-feux aux têtes du tunnel.

En fonction des possibilités et des contraintes locales, en cas d'utilisation de tri-feux, la position de feux « rouge-vert » simultanés pourra ne pas être utilisée.

Les tunnels de classe 3 pourront être équipés de systèmes permettant de détecter la violation de la signalisation à l'intérieur du tunnel.

4.2.3 Moyens de fermeture des accès au tunnel

Chaque tunnel sera équipé de moyens de contrôle d'accès, notamment :

- une porte interdisant l'accès aux banquettes et corniches aux personnes non autorisées (piétons, deux-roues ...) soit manuellement soit par système automatique. Cette porte sera munie d'un retour lisse côté voie navigable, suffisamment long pour empêcher tout contournement (y compris contournement sur les lisses de guidage). Elle comportera un dispositif permettant son déverrouillage et son ouverture depuis l'intérieur par un dispositif anti-panique,
- un moyen d'interdiction à la navigation en dehors des heures d'ouvertures du tunnel. Il pourra s'agir :
 - de feux situés en amont de l'ouvrage,
 - de points de contrôles tels que les écluses dans la mesure où des dispositions d'exploitation complémentaires permettent de s'assurer de l'absence de bateaux dans le bief comportant le tunnel,
 - de fermetures physiques de types simple chaîne ou barrières levantes, manuelles ou automatiques, en entrée d'ouvrage, ou encore de rideaux métalliques.

4.2.4 Gabarit avertisseur

Chaque tunnel sera équipé aux têtes, ou aux accès au bief comportant le tunnel, d'un gabarit avertisseur supérieur, positionné de telle sorte qu'il alerte un usager du possible heurt d'un obstacle fixe en entrée ou section courante du tunnel.

Cette disposition devra être étudiée s'il n'existe pas d'ouvrages de part et d'autre du tunnel qui pourront éventuellement remplir cette fonction.

4.2.5 Information des usagers

Si le besoin de transmettre des informations d'exploitation aux usagers est identifié, il pourra être mis en œuvre un panneau à messages variables (PMV) aux entrées de voies uniques ou du tunnel selon les cas.

Pour les tunnels de classe 2 et 3, munis d'une banquette et équipés d'un système de ventilation dynamique, il est préconisé qu'un système d'information d'évacuation soit mis en place pouvant prendre la forme d'un dispositif d'alerte via le système radio, d'une alarme sonore ou d'un message de sonorisation, ou encore d'un guidage lumineux, ou d'un balisage dynamique.

Les scénarios de fonctionnement de ces dispositifs seront étudiés notamment en fonction :

- du nombre de bateaux dans le tunnel au moment de l'incident,
- de la position relative de l'incendie et des embarcations dans le tunnel.

4.3 Éclairage

En cas d'aléa, l'évacuation des usagers et l'intervention des secours nécessitent un niveau minimal d'éclairement dans les tunnels canaux. L'éclairage est un équipement qui aide l'utilisateur en difficulté et les secours en balisant le cheminement à suivre et en les guidant vers les issues de secours ou le lieu de l'accident.

L'éclairage de la voie d'eau n'est pas un objectif sauf dans les tunnels sans banquettes.

L'éclairage devra être conçu de manière à ne pas perturber les équipements de vidéosurveillance ni éblouir les usagers.

4.3.1 Éclairage des têtes de tunnel

Les têtes de tunnel seront signalées par éclairage si elles constituent un obstacle à la navigation (restriction du gabarit de navigation).

Cet éclairage devra être conçu de façon à ne pas présenter une gêne visuelle aux navigateurs, quelles que soient les caractéristiques de leurs embarcations et leur sens de navigation.

4.3.2 Éclairage d'exploitation

Tous les tunnels seront équipés d'un éclairage d'exploitation assurant une performance d'éclairement au niveau du cheminement d'évacuation de 6 lux en moyenne et 1,4 lux minimum en tous points³. Le niveau d'éclairement de l'ouvrage devra être cohérent avec les sensibilités des caméras de vidéosurveillance lorsque celles-ci seront nécessaires.

La distribution électrique de l'éclairage se fera selon un cantonnement comme suit :

- pour les tunnels de classe 1 : aucun cantonnement n'est préconisé,
- pour les tunnels de classe 2 et 3 : le cantonnement sera déterminé en fonction de l'interdistance minimale imposée entre deux bateaux, et dans tous les cas inférieur à 500 m, afin que la destruction locale du réseau d'éclairage ne conduise qu'à une perte limitée de l'éclairage.

Si le trafic est faible, cet éclairage pourra n'être allumé qu'au passage d'un bateau.

En situation d'incident, notamment en cas de nécessité d'évacuation, l'éclairage doit pouvoir être allumé sur l'ensemble de l'ouvrage.

³ Ces valeurs d'éclairement sont issues des mesures effectuées sur le tunnel de Ruyaulcourt en 2004 dont l'éclairage est jugé satisfaisant

4.3.3 Éclairage de sécurité

Les tunnels seront équipés d'un éclairage de sécurité permettant d'assurer une continuité de service en cas d'incendie. Au-delà de la zone directement soumise aux effets de l'incendie, la longueur maximale de la zone d'éclairage perdue ne devra pas excéder 100m.

Le niveau d'éclairement requis pour l'éclairage de sécurité doit permettre de répondre aux performances minimales de l'éclairage normal, soit 1,4 lux en tout point.

L'alimentation de l'éclairage de sécurité sera secourue pendant une durée nécessaire à l'évacuation des personnes et/ou des embarcations.

De même que pour l'éclairage d'exploitation, l'éclairage de sécurité pourra n'être allumé que pendant le passage des embarcations, mais devra être allumé sur l'ensemble de l'ouvrage en cas de sinistre.

4.3.4 Jalonnement

Le jalonnement ne concerne que les tunnels munis de banquettes et a pour objectif de guider les usagers en cas d'incendie ou de perte de l'alimentation électrique principale.

Ce jalonnement pourra être réalisé soit par mise en œuvre d'une main courante ou chaîne le long du piédroit (en cas d'absence de garde-corps) soit à partir de sources lumineuses.

Si les plots de jalonnement lumineux sont choisis, ceux-ci seront secourus pendant un temps adapté à l'évacuation des usagers et/ou des embarcations et espacés de 10 m.

Ces sources lumineuses doivent être placées à une hauteur maximale de 1 m afin de limiter les risques d'occultation par la fumée en cas d'incendie.

Elles pourront être remplacées par un éclairage de sécurité (voir paragraphe précédent). Dans ce cas, les luminaires de l'éclairage de sécurité seront alors espacés de 10m.

4.3.5 Éclairage des équipements de sécurité

Les équipements et aménagements de sécurité tels que postes d'appel d'urgence, moyens de s'extraire de l'eau, panneaux de signalisation des issues, communications avec l'extérieur, feront l'objet d'un éclairage renforcé et/ou différent (couleur, orientation route) qui pourra être permanent ou mis en service en cas d'alerte.

4.4 Moyens d'appel d'urgence

L'alerte par l'utilisateur est le moyen privilégié de détection d'un incident et permettant l'intervention des secours et de l'exploitant. Les moyens d'appel d'urgence doivent donc permettre à chaque usager en difficulté de communiquer rapidement avec les services de l'exploitant ou les services de secours.

L'objectif du réseau d'appel d'urgence est de permettre une communication en dernier ressort entre un usager et le poste de contrôle.

Les tunnels de classe 2 et 3 seront équipés à chaque tête de postes fixes permettant une communication bidirectionnelle (type téléphone ou interphone) entre un usager et les services d'exploitation ou de surveillance du tunnel.

En outre, dans les tunnels de classe 2b et 3, ces postes seront implantés tous les 200 m environ. Lorsque les équipements et les procédures d'exploitation mis en place permettent d'assurer qu'un système de radiocommunication est disponible pour tous les usagers, cet espacement pourra être augmenté, selon les indications d'une analyse de risques.

Les postes fixes seront desservis par un cheminement d'évacuation.

Les postes appelant seront automatiquement identifiés par le service réceptionnant l'appel.

Ils doivent permettre aux postes de contrôle d'alerter les personnes présentes dans le tunnel.

Une destruction localisée d'un poste ou du réseau de communication ne doit pas entraîner la perte des postes et segments de réseau adjacents.

4.5 Détection et lutte contre l'incendie

L'installation de détection incendie a pour but de signaler tout évènement pouvant être le signe d'un début d'incendie.

En cas d'incendie, des dispositifs appropriés de lutte contre l'incendie peuvent être mis en place, notamment des moyens d'extinction. Toutefois, quels que soient les moyens de lutte incendie, les délais de mise en œuvre sont en général très longs, compte tenu des localisations et des caractéristiques géométriques de la plupart des tunnels canaux. La priorité doit donc aller à l'auto-évacuation des usagers.

4.5.1 Détection incendie

L'installation de moyens spécifiques de détection incendie sera envisagée après examen des possibilités offertes par les équipements de surveillance et d'alerte préconisés par ailleurs tels que la vidéosurveillance, les postes d'appel d'urgence, la retransmission des communications hertziennes.

4.5.2 Extincteurs

Des extincteurs sont obligatoires à bord des bateaux (applicable aux bateaux et engins de plaisance d'une longueur supérieure ou égale à 2,50 mètres et inférieure ou égale à 24 mètres, autres que les bateaux affectés au transport de passagers ou de marchandises, circulant ou stationnant sur les voies de navigation intérieure – Arrêté du 1er février 2000 relatif à l'équipement de sécurité des bateaux). Le RPP précisera que l'utilisateur doit vérifier la présence effective d'un extincteur conforme et en état de fonctionnement à bord de son bateau avant de s'engager dans le tunnel.

4.5.3 Réseau d'eau incendie en tunnel

Compte tenu des contraintes d'amenée d'eau, de la nécessité de prévoir des installations de surpression pour les grandes longueurs de réseau ainsi que les temps pénalisants de remplissage des colonnes sèches et trainasses et en raison de la disponibilité d'eau dans le canal même sur toute la longueur du tunnel et ses abords, la réalisation d'un réseau d'eau incendie fixe en tunnel canal n'est pas préconisée.

4.5.4 Moyens mobiles de pompage et de lutte incendie

Les tunnels de classe 2 et 3 pourront disposer, après étude au cas par cas, de matériels de lutte incendie adaptés mis à disposition des services de secours.

Le type de matériel et les modalités pratiques de mise à disposition et de maintien en fonctionnement de ces dispositifs devront être étudiés en concertation avec les services de secours locaux.

4.6 Retransmission des communications

Lors d'un accident dans un tunnel canal, la continuité des communications et la retransmission des radiocommunications des services de secours doivent être assurées, où qu'ils se trouvent dans l'ouvrage.

4.6.1 Communications hertziennes

En application du décret d'application n° 2006-165 du 10 février 2006 de l'article 2 de la Loi de modernisation de la sécurité civile, relatif aux communications radioélectriques des services de secours en opération dans les ouvrages routiers, ferroviaires ou fluviaux ou dans certaines catégories d'établissements recevant du public (Loi n°2004-811 du 13 août 2004), tous les tunnels devront garantir aux services publics qui concourent aux missions de sécurité civile, la continuité des communications radioélectriques avec les moyens propres à ces services, en tout point de l'infrastructure. L'arrêté ministériel du 26 juin 2008, portant diverses dispositions relatives à la sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, fixe les modalités selon lesquelles sera appréciée la continuité radioélectrique et les moyens technologiques à mettre en œuvre.

En complément, les tunnels de classe 3 de plus de 2000 m (voir annexe 10 sur les Radiotransmissions, arrêté du 10 novembre 2008 [réf. 7]), seront équipés d'un moyen de retransmission des communications hertziennes pour les fréquences utilisées par les services de secours.

La retransmission des communications hertziennes permet à l'exploitant d'adresser des messages et consignes aux usagers présents en tunnel, et aux usagers de signaler rapidement tout incident ou situation dangereuse. À cet effet, les solutions de retransmission mises en œuvre viseront à toucher le public le plus large possible.

4.6.2 Installations de radiocommunications au Poste de contrôle

Les postes de contrôle réceptionnant les communications radio ou téléphoniques en provenance du tunnel sont équipés d'un téléphone fixe prioritairement affecté aux communications avec les services de secours.

Ce poste devra pouvoir être utilisé de façon simultanée avec la réception d'un appel en provenance du tunnel.

4.7 Équipement de surveillance

Tout incident ou accident doit être détecté le plus rapidement possible, en fonction des enjeux du trafic.

Les équipements de surveillance permettent à l'exploitant, grâce aux informations qui lui sont apportées, d'être en mesure d'agir très rapidement :

- en informant l'utilisateur et en l'incitant à adopter un comportement le plus adapté,
- en alertant les services de secours (avec un enjeu particulier pour les pompiers dont la rapidité d'intervention conditionne les possibilités de maîtrise de l'incendie et d'extinction, d'évacuation des victimes ...),
- en actionnant les équipements à sa disposition (fermeture du tunnel, mise en fonctionnement du désenfumage ...),
- en déclenchant l'intervention sur site des équipes spécialisées d'exploitation.

Les tunnels de classe 3 seront munis d'un système de vidéosurveillance permettant de couvrir l'ensemble du tunnel ainsi que les entrées de voies uniques extérieures, en particulier les cheminements accessibles. En cas de nécessité, une vidéosurveillance complémentaire pourra être étendue à l'ensemble des voies uniques extérieures.

Les objectifs de la vidéosurveillance sont :

- le repérage des bateaux et des personnes dans le tunnel, sans toutefois nécessiter la distinction des visages,
- l'identification des personnes au niveau du contrôle d'accès des banquettes.

La vidéosurveillance devra se référer à la circulaire de VNF relative à l'utilisation de systèmes vidéo dans l'exploitation des ouvrages.

Les images des caméras seront retransmises au poste de contrôle de l'exploitation de sorte à être visionnées sur un système dédié.

L'opérateur de permanence aura la possibilité de sélectionner une caméra donnée et d'affecter un des moniteurs aux images provenant de cette caméra.

La vidéosurveillance doit permettre une visualisation nocturne.

L'enregistrement et la visualisation des images doivent être possibles sur une durée minimale de deux semaines.

Il doit y avoir adéquation entre l'intensité et les spécifications de l'éclairage minimum (prévu au chapitre 4.3.) et les performances des équipements de vidéosurveillance.

Dans le cas où un cheminement secondaire existe (banquette ou corniche), les équipements de vidéosurveillance doivent pouvoir repérer en tous points une personne qui s'y serait réfugié.

Pour les tunnels de classe 3 munis d'un système de ventilation, on étudiera l'opportunité d'installer, en complément à la vidéosurveillance, un système de détection de présence de bateaux en tunnel, dont l'objectif est d'affiner la localisation d'une embarcation, de gérer les interdistances imposées et d'améliorer la gestion d'une évacuation éventuelle.

4.8 Ventilation de désenfumage

Au même titre que les systèmes de détection et d'extinction, la ventilation de désenfumage joue un rôle important dans la limitation des conséquences d'un incendie. Elle doit permettre la protection des usagers (au moins le temps nécessaire à leur évacuation) et l'accès des secours. Elle vise l'amélioration des conditions de survie et de visibilité au niveau des voies d'évacuation et de l'accès pour les équipes de secours. Les stratégies d'évacuation et de désenfumage varient d'un tunnel à l'autre, selon les caractéristiques de l'ouvrage, le type de circulation, les moyens et le mode d'exploitation.

La stratégie d'évacuation est un fil directeur qui fixe le mode de ventilation. Les stratégies peuvent être très diverses et doivent donc être clairement définies par l'exploitant dans le Plan d'Intervention et de Sécurité (refoulement systématique des fumées en aval du sens de circulation des bateaux ou en fonction du trafic, ...).

Une étude des solutions de désenfumage sera effectuée pour les tunnels de classe 2b et au-delà.

Cette étude recherchera le meilleur profit possible de l'utilisation des puits et galeries existants débouchant vers l'extérieur.

À défaut de termes sources simplifiés propres aux bateaux, l'étude de la ventilation de désenfumage se basera au minimum sur deux termes sources simplifiés utilisés pour les tunnels routiers et décrits dans les fascicules du CETU :

- incendie de 30 MW correspondant à un poids lourd de 35 t, 125 000 MJ,
- incendie de 100 MW correspondant à un poids lourd avec charge très fortement combustible, 330 000 MJ.

Le délai d'activation de la ventilation de désenfumage ainsi que la stratégie retenue pour le contrôle des fumées (stratification ou contrôle du sens de propagation) devront être adaptés en fonction du contexte (notamment la durée nécessaire pour la sortie des bateaux engagés dans l'ouvrage, les conditions atmosphériques locales...).

4.9 Ventilation sanitaire

Le système de ventilation sanitaire a pour objectif d'assurer le maintien de la qualité de l'air dans le tunnel.

À partir de la classe 2b, il sera réalisé une étude de la qualité de l'air en tunnel.

Selon les résultats de cette étude, une ventilation de maintien de la qualité de l'air sera prévue. Cette ventilation pourra utiliser les équipements de désenfumage selon un régime de fonctionnement adapté.

La ventilation sanitaire devra permettre de respecter les valeurs maximales recommandées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique (avis du 14 décembre 1998) dans les ouvrages souterrains ou couverts :

- la teneur moyenne en CO sur toute la longueur de l'ouvrage ne doit pas dépasser :
 - 50 ppm (60 mg/m³) sur toute période de 30 minutes,
 - 90 ppm (100 mg/m³) sur toute période de 15 minutes ;
- la teneur moyenne en NO₂ sur toute la longueur de l'ouvrage ne doit pas dépasser :
 - 0,4 ppm (0,8 mg/m³) sur toute période de 15 minutes⁴.

Il est à noter que les capteurs de pollution mis en place pour le maintien de la qualité de l'air peuvent dans certains cas contribuer à la détection d'un incendie.

⁴ cf. annexe 14 sur la mesure de la qualité de l'air

4.10 Comportement au feu des équipements et de leurs câbles

Bien que d'une occurrence particulièrement faible, l'incendie est l'évènement le plus redouté. Dans le cas où celui-ci se produit, il est fondamental que chaque élément de structure, chaque équipement puisse remplir sa fonction malgré la montée des températures et l'éventuelle propagation de l'incendie. Les équipements ne doivent pas prendre part au feu auquel ils sont exposés, doivent résister au feu et garantir un certain fonctionnement face au feu et à la chaleur.

Les équipements de sécurité en tunnel tels que postes d'appel d'urgence, éclairage, vidéosurveillance, etc. situés en dehors de la zone incendiée devront pouvoir rester en exploitation pendant l'incendie.

La perte d'un équipement ne doit pas entraîner celle des autres équipements. Cette préconisation pourra être mise en œuvre comme suit :

- mise en place de câbles résistants 2h au feu (type CR1 C1) ;
- utilisation de cheminements protégés (ex. cheminement sous l'eau, derrière un piédroit, sous une corniche...) ;
- réalisation d'une architecture en anneau physique ;
- mise en place d'une architecture par cantonnement.

Les matériaux mis en œuvre en tunnel sont classés conformément aux dispositions de l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement et de l'arrêté du 22 mars 2004⁵ relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages.

Il serait préférable que dans les tunnels canaux, les matériaux de construction soient extrêmement peu combustibles, c'est-à-dire de classe A1 ou A2 selon la norme NF EN 13501-1 (ou de classe M0 selon l'ancienne classification française).

⁵ modifié par l'arrêté du 14 mars 2011.

5 Exploitation et Maintenance

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

- la gestion du trafic,
- la gestion technique (surveillance et entretien du génie civil, maintenance des équipements...).

Les conditions d'exploitation d'un tunnel sont fondamentales pour sa sécurité. L'exploitation doit être adaptée aux caractéristiques particulières du tunnel canal, de son trafic, de ses équipements et de la voie d'eau dont il dépend.

Il est rappelé que l'accès aux voies uniques extérieures et aux tunnels est proscrit aux usagers en dehors des heures ouvertes à la navigation.

Tous les systèmes mis en œuvre dans les ouvrages doivent prendre en compte les interventions liées à l'exploitation et à la maintenance.

5.1 Moyens d'exploitation

L'exploitation doit être organisée et disposer des moyens nécessaires pour assurer la prévention des accidents et la sécurité des personnes en cas d'incident ou d'accident.

La présence d'embarcations et/ou de personnes dans l'ouvrage impose la présence de personnel au poste de contrôle, y compris lors d'interventions de maintenance.

5.1.1 Poste de contrôle pour l'exploitation

Chaque ouvrage doit disposer d'un poste de contrôle pour l'exploitation. Ce poste peut être le local de l'éclusier ou un Poste de Contrôle Commande (PCC) local ou distant.

Ce poste permet de gérer l'ensemble des moyens de surveillance, d'alarme, d'alerte, de contrôle commande et d'intervention nécessaires à la sécurité de la navigation dans le tunnel qui lui est affecté, conformément aux dispositions prévues dans le Plan d'Intervention et de Sécurité.

Une permanence humaine est assurée aux heures d'ouverture à la navigation.

Le personnel présent est formé et en effectif suffisant pour gérer les situations dangereuses conformément aux dispositions prévues dans le Plan d'Intervention et de Sécurité.

Dans le cas de procédures ou de séquences automatiques, le système doit permettre une reprise en main par l'opérateur à tout moment.

5.1.2 Exclusion des bateaux

Quelle que soit la classe de tunnel, lors de la traversée d'un tunnel canal par un bateau transportant des marchandises dangereuses ou par un bateau à passagers, il sera recherché les solutions d'exploitation évitant que d'autres bateaux soient présents dans le tunnel.

Pour réaliser ces exclusions, l'exploitant doit disposer des moyens nécessaires à l'identification et au contrôle d'accès et d'espacement des bateaux et être dûment habilité pour prendre des actions de police.

Lorsque cette exclusion n'est pas envisageable compte tenu des particularités du trafic dans un tunnel donné, l'analyse de risque justifiera cette impossibilité et exposera les mesures compensatoires mises en œuvre.

En tout état de cause, il ne pourra être toléré qu'un transport de matières dangereuses emprunte le tunnel simultanément à un bateau à passagers.

5.1.3 Contrôle d'interdistance et de cadencement

Pour les tunnels de classe 3, nonobstant les dispositions de cadencement prévues, l'exploitant dispose de moyens de surveillance et de communication lui permettant de faire respecter une interdistance suffisante entre bateaux.

Pour les tunnels de classe 2b ne disposant pas de moyens de surveillance et de communication avec les bateaux, il devra être prévu un cadencement de bateaux, déterminé en fonction du temps de traversée moyen du tunnel, de sorte qu'il n'y ait qu'un seul bateau engagé à la fois dans le tunnel. Le cadencement devra s'appuyer sur le contrôle de passage aux écluses et la gestion de la signalisation lumineuse de trafic.

Une analyse des risque déterminera l'interdistance retenue pour le cadencement.

5.1.4 Alternat

Dans les tunnels de classe 3, nonobstant la signalisation lumineuse de trafic, l'exploitant dispose de moyens de surveillance et de communication lui permettant de faire respecter l'alternat.

Pour les tunnels de classe 2b ne disposant pas de moyens de surveillance et de communication avec les bateaux, il devra être prévu un cadencement de bateaux établi de sorte qu'il ne puisse y avoir de navigation en sens contraire dans le tunnel. Le cadencement devra s'appuyer sur le contrôle de passage aux écluses et la gestion de la signalisation lumineuse de trafic.

5.1.5 Mobilisation des secours, schéma d'alerte

Le poste de permanence de l'exploitation est chargé d'alerter les secours conformément aux dispositions prévues dans le Plan d'Intervention et de Sécurité.

On ne peut cependant exclure le fait, ni interdire, que des usagers alertent les secours sans passer par le poste de permanence de l'exploitation. À cet égard, le Plan d'Intervention et de Sécurité décrit le schéma d'alerte depuis les différentes détections possibles d'incident jusqu'à l'alerte des secours et du poste de permanence de l'exploitation.

5.1.6 Maintenance

En fonction des contraintes d'exploitation et de la situation des locaux techniques, les personnels de maintenance doivent pouvoir accéder à tout ou partie des systèmes en mode local, notamment l'éclairage.

L'implantation des équipements et des cheminements des câbles doit être étudiée de manière à limiter le vandalisme (vol, dégradation,...) et notamment ceux situés à l'extérieur du tunnel.

Par ailleurs, leur implantation devra permettre à la maintenance d'intervenir dans des conditions ne gênant pas la navigation et si possible d'intervenir depuis les cheminements piétons. Cette disposition doit également permettre d'éviter les problèmes dus aux infiltrations en voûte.

Le personnel doit être qualifié et posséder l'ensemble des habilitations nécessaires à l'entretien des systèmes, notamment les réseaux HTA et BT.

5.2 Documents obligatoires

Afin de prévenir tout accident ou d'organiser au mieux les actions de chaque acteur lors d'un accident, il est nécessaire d'élaborer des documents obligatoires tels que des consignes claires sur l'organisation courante de l'exploitation et sur la conduite des intervenants pour chaque type d'incidents.

Aussi, l'élaboration d'un Plan d'Intervention et de Sécurité (PIS) complet permettra de rassembler entre autres tous les éléments sur l'organisation et la coordination des moyens d'intervention ainsi que les consignes générales d'intervention.

Bien que non obligatoire, il est vivement conseillé aux exploitants de réaliser une brochure informative au bénéfice des usagers indiquant les principes de sécurité en tunnel et les comportements à adopter en cas d'incident (alerte, auto-évacuation).

5.2.1 Règlement particulier de police ou avis à la batellerie n°1

Le règlement particulier de police rappelle les règles de navigation propres à chaque tunnel et notamment :

- les gabarits autorisés en tunnel,
- les bateaux interdits ou faisant l'objet de règles de navigation particulières (TMD, passagers...),
- la vitesse mini et/ou maxi ainsi que les interdistances à respecter,
- l'interdiction d'arrêt en tunnel et les dispositions à prendre en cas d'arrêt d'urgence : en cas d'incident à bord, privilégier autant que possible un arrêt une fois sorti du tunnel,
- les consignes d'évacuation en cas de danger : évacuation à bord du bateau en priorité, évacuation à pied, signalisation d'évacuation,
- les exigences en moyens de communication radio, au besoin en empruntant un poste de radio VHF à l'exploitant,
- l'obligation de port du gilet de sauvetage (hormis pour les personnes à bord des bateaux à passagers),
- l'obligation de disposer d'un extincteur selon la catégorie du bateau (cf. Arrêté du 1er février 2000 relatif à l'équipement de sécurité des bateaux),
- l'obligation de se munir des brochures de l'exploitant concernant l'utilisation du tunnel et les règles de conduite à adopter,
- autres règles : ex. obligation de signalisation des entrées/sorties par signal sonore,
- etc.

L'avis à la batellerie n°1 est pris en application du Règlement Particulier de Police. Il a pour objet de préciser, de compléter les dispositions ci-dessus et de porter à connaissance certaines informations générales sur la voie d'eau.

5.2.2 Organisation courante de l'exploitation

Les consignes courantes d'exploitation sont élaborées par l'exploitant, elles définissent notamment :

- le fonctionnement et les modalités d'utilisation des dispositifs de sécurité,
- les dispositions à prendre pour le respect et la surveillance des règles de navigation,
- les dispositions telles que fermeture du tunnel ou restrictions d'exploitation en cas d'indisponibilité des équipements de sécurité ou du personnel d'exploitation,
- les dispositions à prendre pour les exploitations en mode dégradé.

5.2.3 Plan d'Intervention et de Sécurité

Un Plan d'Intervention et de Sécurité (PIS) définit l'organisation, les missions et la conduite à tenir des personnels de l'exploitant pour les différentes situations susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes, ainsi que les modalités d'alerte des services d'intervention extérieurs et de coordination avec ceux-ci.

Le document du PIS comprend:

- une description de l'ouvrage,
- l'organisation de l'exploitation,
- la procédure de l'exploitant concernant le traitement d'un incident,
- l'organisation des intervenants externes,
- le Schéma d'alerte,
- l'information à transmettre lors de messages d'alerte,
- les procédures incidentielles,
- les conditions minimales d'exploitation.

Il est rédigé et actualisé régulièrement par l'exploitant pour chaque tunnel en fonction des évolutions des moyens, au moins une fois par an et à chaque fois qu'un incident significatif a lieu dans l'ouvrage.

Le PIS est établi en concertation avec les services de secours. Il expose les dispositions que prend l'exploitant pour gérer les incidents et situations dangereuses. Ces dispositions font appel en tant que de besoin aux services de secours et de police.

Ce PIS est disponible au poste de permanence de l'exploitation et diffusé aux services internes et externes à l'exploitant qui sont concernés par la gestion des situations dangereuses, notamment aux services de secours ou à ceux qui sont susceptibles de recevoir des signalements d'incident ou d'accident en tunnel.

5.3 Suivi et maintien de la sécurité d'exploitation

Afin de prendre en compte tous les aspects d'un incident et d'en anticiper les différents types, la mise en place de démarches de sécurité (tel que les exercices de sécurité) et la gestion du retour d'expérience sont l'occasion de faire naître chez l'ensemble des acteurs une compréhension commune du fonctionnement de l'ouvrage, de son environnement et des moyens à mettre en œuvre pour garantir la sécurité.

Concernant la démarche de retour d'expérience, les directions territoriales pourront nourrir leur réflexion à partir des enseignements tirés par le travail de thèse du CETU intitulé « L'organisation collective de la sécurité et la démarche de retour d'expérience en tunnel routier. ».

Ce type de démarche permet de tester la bonne application des procédures par les différents intervenants et le bon fonctionnement des équipements.

5.3.1 Exercices de sécurité

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'avèreraient nécessaires (mise à jour des consignes, formation du personnel, etc.).

Ces dispositions ne préjugent pas d'exercices organisés par les autorités en charge de la sécurité dans le cadre d'un Plan de Secours Spécialisé.

Le CETU prévoit de finaliser un guide des exercices de sécurité en tunnel routier qui pourrait aisément être adapté au contexte des tunnels canaux.

Ces exercices peuvent reprendre les dispositions applicables dans le cas d'exercices de sécurité dans les tunnels routiers ainsi détaillées dans l'article R118-3-8 du code de la voirie routière : « *Le maître de l'ouvrage ... et les services d'intervention organisent des exercices conjoints pour le personnel du tunnel et les services d'intervention. Ces exercices sont réalisés chaque année. Toutefois, lorsque plusieurs ouvrages ont le même gestionnaire, relèvent des mêmes services d'intervention et sont situés à proximité immédiate les uns des autres, l'exercice peut n'être réalisé que dans l'un d'entre eux.*

Ces exercices sont basés sur des scénarios d'incident définis au regard des risques encourus dans le tunnel. Ils permettent notamment de mesurer les temps nécessaires aux services d'intervention pour arriver sur les lieux et donnent lieu à une évaluation conjointe ».

5.3.2 Gestion du retour d'expérience

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.

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 bateaux 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, incidents techniques et autres situations dangereuses ou dégradations de la sécurité, ayant nécessité une action de l'exploitant.

FICHE DE RETOUR D'EXPERIENCE SUIVI DES ACCIDENTS EN TUNNEL

Fiché rédigée par (Nom, Prénom, Fonction, Affectation) :

Date de rédaction de la fiche :

LOCALISATION

Dénomination du tunnel :

Date de l'événement :

Heure :

PM :

TYPE D'EVENEMENT

	cocher
Collision entre bateaux	
Collision bateau avec infrastructure	
Personne en détresse	
Incendie /feu	
Explosion ou risque d'explosion	
Dégradation importante de l'infrastructure (chute de matériaux, équipements...)	
Naufrage	
Panique	
Infraction aux règles d'accès et de navigation	
Objet flottant	
Pollution des eaux	
Non-respect des conditions minimales d'exploitation	

CIRCONSTANCES

Exploitation au moment de l'accident : Mode nominal ☐ Mode dégradé ☐ Tunnel fermé ☐ Travaux ☐

Nombre de personnes présentes en tunnel au moment de l'accident : _____

Sens de la navigation au moment de l'accident : _____

	TMD	Passagers	Professionnels	Plaisanciers
Nombre de bateaux bloqués en tunnel par l'accident				

GRAVITE DE L'EVENEMENT

	Blessés légers	Blessés graves	Tués
Nombre de victimes			

Dommages aux installations :

- ☐ - Aucun
- ☐ - Légers : réparation non indispensable à l'exploitation, pouvant attendre une période de chômage programmée
- ☐ - Moyens : réparation nécessaire à l'exploitation, gérable dans le cadre d'une exploitation dégradée, ou des travaux de nuit, limités à quelques semaines, ou par fermeture non programmée de 1 semaine maxi.
- ☐ - Lourds : implique une exploitation dégradée, ou des travaux de nuit, sur plusieurs mois, ou une fermeture non programmée du tunnel sur plusieurs semaines
- ☐ - Majeurs : non réparable ou réparable moyennant plusieurs mois de fermeture du tunnel

Durée de l'évènement : durée écoulée entre la détection de l'évènement et la reprise de l'exploitation (ou décision de non-reprise d'exploitation)

CAUSE(S)

Facteur humain ayant causé l'événement :

Type de défaillance humaine

- ☐ - Méconnaissance de la signalisation et/ou des règles de navigation et/ou des consignes d'exploitation
- ☐ - Non-respect de la signalisation et/ou des règles de navigation et/ou des consignes d'exploitation (inattention, négligence, infraction)
- ☐ - Malaise
- ☐ - Malveillance

Personne à l'origine de la défaillance

- ☐ - Professionnel
- ☐ - Plaisancier
- ☐ - Passager
- ☐ - Exploitant
- ☐ - Autre

Défaillance technique ayant causé l'événement :

Sous-système concerné

- ☐ - Génie-civil
- ☐ - Alimentation électrique principale
- ☐ - Contrôle d'accès au tunnel
- ☐ - Signalisation fixe
- ☐ - Alimentation de secours des équipements de sécurité
- ☐ - Radio
- ☐ - Signalisation lumineuse
- ☐ - Éclairage
- ☐ - Vidéosurveillance
- ☐ - Autre _____

Risque naturel et technologique :

- ☐ - Niveau d'eau trop haut / trop bas
- ☐ - Visibilité réduite : brouillard, précipitations, obscurcissement
- ☐ - Vent fort, rafales
- ☐ - Température très basse (gel) / très élevée
- ☐ - Foudre
- ☐ - Séisme, mouvements de terrain
- ☐ - Pollution des eaux, de l'air, du fait des activités environnantes
- ☐ - Autre _____

CONDITIONS DE DETECTION

- ☐ - Appel radio depuis un bateau d'usager
- ☐ - Appel par poste d'appel d'urgence
- ☐ - Appel par téléphone mobile
- ☐ - Vidéosurveillance
- ☐ - Appel par radio de service de l'exploitant
- ☐ - Contact direct avec témoin
- ☐ - Constat visuel direct
- ☐ - Autre _____

MODALITE D'INTERVENTION

Qui est intervenu ?

- ☐ - Usager en tunnel uniquement
- ☐ - Exploitant
- ☐ - Pompiers
- ☐ - Gendarmerie, Police
- ☐ - SAMU
- ☐ - Autre (préciser) : _____

Délai pour intervention	Durée de l'intervention

TYPE D'EQUIPEMENT UTILISE

- ☐ - Extincteur(s) à bord de(s) bateau(x)
- ☐ - Bateau(x) de l'exploitant
- ☐ - Camion(s) pompe des secours
- ☐ - Bateau(x) des secours
- ☐ - Moyens mobiles de pompage et amenée d'eau incendie
- ☐ - Ventilation de désenfumage
- ☐ - Autre _____

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

6 Synthèse des mesures préconisées en fonction d'incidents types

Les équipements de sécurité proposés dans le FRT dépendent d'une stratégie de prévention et d'intervention.

Une synthèse des différentes mesures préconisées par le FRT est présentée en annexe 1.

Cette synthèse permet de visualiser la nécessité de la mise en œuvre des mesures en fonction des principaux événements redoutés en tunnel canal (ces derniers étant hiérarchisés selon la gravité de la situation à risques).

7 Synthèse des mesures préconisées en fonction des classes de tunnels

Une synthèse des différentes mesures préconisées par le FRT en fonction de la classification des tunnels canaux est présentée en annexe 2.

Cette synthèse permettra à l'exploitant de visualiser rapidement les différentes recommandations qui le concernent en fonction du type d'ouvrage qu'il a en charge.

ANNEXES

Les matériels ou installations décrites dans les annexes constituent des pistes de réflexion destinées à guider les maîtres d'ouvrages lors des études et ne s'imposent en aucun cas comme des spécifications à appliquer telles quelles "à la lettre".

ANNEXE 1 - Mesures préconisées en fonction d'incidents types

Mesures préconisées pour les tunnels-canaux par le Fascicule de Recommandations Techniques en fonction des différents types d'incidents hiérarchisés

Ce tableau fait le lien entre les principaux événements redoutés en tunnel-canal et les mesures préconisées par le FRT

Type 1	Evènement ou succession d'évènements provoquant des dommages limités aux personnes, aux biens ou à l'environnement, ou qui auraient provoqué des dommages plus conséquents dans des conditions plus défavorables d'exploitation
Type 2	Evènement ou succession d'évènements provoquant un ou plusieurs dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement
Type 3	Evènement ou succession d'évènements provoquant un ou plusieurs dommages graves aux personnes, aux biens ou à l'environnement

* TMD: Transport de marchandises dangereuses - BP: Bateau de transport de Passagers

Paragraphes de référence du FRT (mesures à mettre en œuvre)			Type 3							Type 2						Type 1			
			Incendie - départ de feu maîtrisable par marinier (avec *TMD ou *BP en tunnel)	Incendie déclaré	Explosion ou risque d'explosion en tunnel, découverte d'engin explosif (tout risque d'explosion entraîne un risque d'incendie)	Dégâts importants de l'infrastructure - Effondrement de la voûte	Naufrage avec *TMD ou *BP (peut engendrer une pollution et un risque d'incendie et d'explosion)	Panique avec *TMD ou *BP (peut engendrer une pollution et un risque d'incendie et d'explosion)	Pollution des eaux par une marchandise dangereuse (peut engendrer un risque d'incendie et d'explosion)	Collision entre bateaux et/ou infrastructure - présence de blessés ou *TMD ou *BP (peut engendrer une pollution et un risque d'incendie et d'explosion)	Personne en détresse - Chute à l'eau, blessure ou malaise à bord	Incendie - départ de feu maîtrisable par marinier (ni *TMD ou *BP en tunnel)	Dégâts importants de l'infrastructure - Chute d'éléments de la voûte ou d'équipements	Naufrage sans *TMD ou *BP	Panique sans *TMD ou *BP	Pollution des eaux - pas de marchandise dangereuse impliquée	Collision entre bateaux et/ou infrastructure - dégâts matériels mineurs, pas de bateaux de passagers	Infraction aux règles d'accès et de navigation	Objet flottant
3- Génie Civil	3.1: Accès tunnel et stationnement des secours	3.1.1: Accès terrestre																	
		3.1.2: Accès voie navigable																	
		3.1.3: Accès voie aérienne																	
		3.1.4: Zones d'attente																	
	3.2: Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours	3.2.1: Corniches et banquettes																	
		3.2.2: Aménagements pour maintenir la tête de l'eau																	
		3.2.3: Aménagements pour s'extraire de l'eau																	
3.2.4: Cheminements d'évacuation																			
4- équipements de sécurité	4.1: Alimentation électrique	4.1.1: Alimentation normale																	
		4.1.2: Alimentation secourue de puissance																	
		4.1.3: Alimentation secourue sans interruption																	
	4.2: Signalisation, balisage et gestion de la navigation	4.2.1: Signalisation fixe																	
		4.2.2: Signalisation lumineuse de trafic																	
		4.2.3: Moyens de fermeture des accès au tunnel																	
		4.2.4: Gabarit avertisseur																	
		4.2.5: Informations des usagers																	
	4.3: Eclairage	4.3.1: Eclairage des têtes de tunnel																	
		4.3.2: Eclairage d'exploitation																	
		4.3.3: Eclairage de sécurité																	
		4.3.4: Jalonnement																	
		4.3.5: Eclairage des équipements de sécurité																	
	4.4: Moyens d'appel d'urgence																		
	4.5: Détection et lutte contre l'incendie	4.5.1: Détection incendie																	
		4.5.2: Extincteurs																	
		4.5.3: Réseau d'eau incendie																	
	4.6: Retransmission des communications	4.6.1: Communications hertziennes																	
		4.6.2: Installation de radiocommunications au poste de contrôle																	
	4.7: Equipement de surveillance																		
	4.8: Ventilation de désenfumage																		
	4.9: Ventilation sanitaire																		
	4.10: Comportement au feu des équipements et de leurs câbles																		
5- Exploitation et Mai	5.1: Moyens d'exploitation	5.1.1: Poste de contrôle pour l'exploitation																	
		5.1.2: Exclusion des bateaux																	
		5.1.3: Contrôle d'espacement, cadencement																	
		5.1.4: Alternat																	
		5.1.5: Mobilisation des secours, schéma d'alerte																	
	5.2: Documents obligatoires	5.2.1: RPP ou AvisBat n°1																	
		5.2.2: Organisation courante de l'exploitation																	
		5.2.3: Plan d'intervention et de sécurité																	
5.3: Suivi et maintien de la sécurité d'exploitation	5.3.1: Exercices de sécurité																		
	5.3.2: Gestion du retour d'expérience																		

NB: Ce tableau ne prend pas en compte le fait que certains équipements dépendent de la classification du tunnel-canal

ANNEXE 2 - Mesures préconisées en fonction des classes des tunnels

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 1

NB: ce tableau est une synthèse du contenu des recommandations techniques - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe

paragraphe de référence du FRT			Tunnels de Classe 1
			Tunnels de longueur inférieure à 350m
3- Génie Civil	3.1: Accès tunnel et stationnement des secours	3.1.1: Accès terrestre	accès à chaque tête (ou à proximité) utilisable par les engins de secours
		3.1.2: Accès voie navigable	pas de recommandations particulières
		3.1.3: Accès voie aérienne	zones éventuelles d'atterrissage d'hélicoptères à proximité de chaque tête et des communications vers l'extérieur lorsqu'elles existent (à recenser avec les services d'intervention)
		3.1.4: Zones d'attente	la conception de zone d'attente aux abords des tunnels canaux (en amont ou en aval) devra satisfaire à certaines exigences: visibilité suffisante en approche du tunnel, espace suffisant pour manœuvrer, mise en place de poste d'attente pour amarrage temporaire (avec les aménagements qui s'y imposent - cf. paragraphe 3.1.4. du FRT)
	3.2: Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours	3.2.1: Corniches et banquettes	tunnel équipé d'au moins un cheminement piétonnable en bon état et équipé pour privilégier l'évacuation (main courante côté piedroit) si techniquement pas possible, mesures compensatoires à déduire de l'analyse de risque
		3.2.2: Aménagements pour maintenir la tête de l'eau	équipements sur toute la longueur et au moins d'un côté, accessibles depuis l'eau et sur l'amplitude de marnage
		3.2.3: Aménagements pour s'extraire de l'eau	pas de recommandations particulières
		3.2.4: Cheminements d'évacuation	pas de recommandations particulières
		3.2.5: Niches de sécurité et refuges	pas de recommandations particulières
	4- Equipements de sécurité	4.1: Alimentation électrique	pas de recommandations particulières
			pas de recommandations particulières
			équipements de sécurité maintenus alimentés pendant au moins 1 heure (batterie ou onduleur) délai adapté en fonction du contexte (longueur du tunnel canal, durée nécessaire pour la sortie des bateaux engagés dans l'ouvrage, l'évacuation des usagers ...)
		4.2: Signalisation, balisage et gestion de la navigation	préconisations qui ne se substituent pas aux obligations réglementaires de signalisation des tunnels panneaux réfléchissants aux têtes des ouvrages: rectangle de navigation, interdictions d'accès (piétons, passagers, TMD,...), port du gilet,... restrictions d'accès signalées suffisamment en amont pour éviter un engagement inutile dans l'ouvrage
			à étudier au cas par cas en fonction du contexte et de la configuration du tunnel nécessité à apprécier en fonction de la visibilité du débouché compte tenu de la vitesse des bateaux
			équipements de moyens de contrôle d'accès: porte interdisant l'accès aux banquettes et corniches aux personnes non autorisées, moyen d'interdiction à la navigation en dehors des heures d'ouverture (points de contrôle aux écluses selon dispositions d'exploitation par exemple)
			gabarit avertisseur supérieur équipé aux têtes de tunnel ou aux accès au bief (positionné pour alerter un usager d'un obstacle fixe en entrée ou section courante du tunnel)
			pas de recommandations particulières
		4.3: Eclairage	têtes de tunnel à signaler par un éclairage si elles constituent un obstacle à la navigation (restriction du gabarit de navigation)
			6 lux en moyenne sur le cheminement d'évacuation et 1,4 lux mini en tous points éclairage au seul passage d'un bateau dans certaines conditions si situation d'incident, éclairage sur l'ensemble de l'ouvrage
			niveau d'éclairement équivalent à 1,4 lux en tous points alimentation de l'éclairage de sécurité secourue pendant un délai à adapter en fonction du contexte et de la durée nécessaire pour l'évacuation des personnes et/ou des embarcations
			sources lumineuses à 1m maxi de hauteur et espacées de 10m pour assurer un jalonnement au niveau du chemin d'évacuation
			éclairage renforcé et/ou différent (permanent ou mis en service en cas d'alerte) pour les équipements et aménagements de sécurité (PAU, équipements pour s'extraire de l'eau, panneaux de signalisation des issues, ...)

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 1

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe**

paragraphe de référence du FRT			Tunnels de Classe 1 <i>Tunnels de longueur inférieure à 350m</i>
4- Equipements de sécurité	4.4: Moyens d'appel d'urgence		pas de recommandations particulières
	4.5: Détection et lutte contre l'incendie	4.5.1: Détection incendie	installation de moyens de détection d'incendie à apprécier en fonction de la présence des autres équipements de surveillance et d'alerte: vidéosurveillance, PAU, retransmission communications hertziennes,...
		4.5.2: Extincteurs	extincteurs obligatoires à bord selon la catégorie du bateau (cf. Arrêté du 1er février 2000 relatif à l'équipement de sécurité des bateaux) le RPP précisera que l'utilisateur doit vérifier la présence effective d'un extincteur conforme et en état de fonctionnement à bord de son bateau avant de s'engager dans le tunnel
		4.5.3: Réseau d'eau incendie en tunnel	non préconisé pour les tunnel-canaux
		4.5.4: Moyens mobiles de lutte incendie	pas de recommandations particulières
	4.6: Retransmission des communications	4.6.1: Communications hertziennes	garantie de la continuité des communications radioélectriques aux services de secours,avec les moyens propres à ces services, en tout point de l'infrastructure
		4.6.2: Installations de radiocommunications au poste de contrôle	poste de contrôle avec téléphone fixe utilisé prioritairement pour les communications avec les services de secours, pouvant être utilisé de façon simultanée avec la réception d'un appel en provenance du tunnel
	4.7: Equipement de surveillance		pas de recommandations particulières
	4.8: Ventilation de désenfumage		définir la stratégie d'évacuation dans le PIS
	4.9: Ventilation sanitaire		pas de recommandations particulières
	4.10: Comportement au feu des équipements et de leurs câbles		la perte d'un équipement ne doit pas entraîner celle des autres équipements les câbles seront résistants au feu
5- Exploitation et Maintenance	5.1: Moyens d'exploitation	5.1.1: Poste de contrôle pour l'exploitation	poste de permanence pour l'exploitation: local de l'éclusier ou poste de contrôle commande local ou distant une permanence humaine est assurée aux heures d'ouverture à la navigation personnel qualifié et en effectif suffisant pour gérer les situations dangereuses conformément aux dispositions prévues dans le PIS
		5.1.2: Exclusion des bateaux	recherches de solutions d'exploitation afin qu'un bateau transportant des matières dangereuses (TMD) ou un bateau à passagers traverse le tunnel seul si pas envisageable, une étude de risque est à faire et des mesures compensatoires sont à prévoir transport des matières dangereuses ne peut emprunter le tunnel simultanément à un bateau à passager
		5.1.3:Contrôle d'interdistance et de cadencement	pas de recommandations particulières
		5.1.4: Alternat	pas de recommandations particulières
		5.1.5: Mobilisation des secours, schéma d'alerte	poste de permanence chargé d'alerter les secours selon dispositions du Plan d'Intervention et de Sécurité possibilité que l'utilisateur alerte les secours sans passer par le poste de permanence PIS décrit le schéma d'alerte
		5.1.6: Maintenance	accès par le personnel de maintenance aux systèmes en mode local (éclairage en particulier) l'implantation des équipements et le cheminement des câbles devront permettre à la maintenance d'intervenir dans des conditions ne gênant pas la navigation
	5.2: Documents obligatoires	5.2.1: RPP ou AvisBat n°1	le RPP liste les règles de navigation à respecter dans chaque tunnel et les documents à posséder par les usagers du tunnel l'avis à la batellerie n°1 est pris en application du Règlement Particulier de Police - il précise, complète les dispositions du RPP et porte à connaissance certaines informations générales sur la voie d'eau
		5.2.2: Organisation courante de l'exploitation	consignes à élaborer par l'exploitant (fonctionnement et modalités d'utilisation des dispositifs de sécurité, dispositions à prendre pour le respect et la surveillance des règles de navigation, pour la fermeture du tunnel, restrictions d'exploitation ...)
		5.2.3: Plan d'Intervention et de Sécurité	document à établir et à actualiser chaque année par l'exploitant, en concertation avec les services de secours, disponible au poste de permanence de l'exploitation et diffuser aux services internes et externes à l'exploitant
	5.3: Suivi et maintien de la sécurité d'exploitation	5.3.1: Exercices de sécurité	exercice interne à organiser au moins une fois par an des exercices peuvent être organisés par ailleurs par les autorités en charge de la sécurité
		5.3.2: Gestion du retour d'expérience	compte-rendu à établir après chaque exercice ou incident ou accident

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 2a et 2b

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe**

			Tunnel de Classe 2	
			Tunnels de longueur comprise entre 350m et 1000m	
			Classe 2a	Classe 2b
			Trafic<8000 bateaux/an et Trafic de pointe < 80 bateaux/j et Trafic <100 bateaux passagers/an	Trafic>8000 bateaux/an ou Trafic de pointe > 80 bateaux/j ou Trafic >100 bateaux passagers/an
paragraphe de référence du FRT				
3- Génie Civil	3.1: Accès tunnel et stationnement des secours	3.1.1: Accès terrestre	accès à chaque tête (ou à proximité) utilisable par les engins de secours aire de stationnement et de retournement à proximité du débouché du chemin d'accès - chemin d'accès fléché à partir du réseau routier - accès par les puits à étudier	
		3.1.2: Accès voie navigable	pas de recommandations particulières	
		3.1.3: Accès voie aérienne	zones éventuelles d'atterrissage d'hélicoptères à proximité de chaque tête et des communications vers l'extérieur lorsqu'elles existent (à recenser avec les services d'intervention)	
		3.1.4: Zones d'attente	la conception de zone d'attente aux abords des tunnels canaux (en amont ou en aval) devra satisfaire à certaines exigences: visibilité suffisante en approche du tunnel, espace suffisant pour manœuvrer, mise en place de poste d'attente pour amarrage temporaire (avec les aménagements qui s'y imposent - cf. paragraphe 3.1.4. du FRT)	
	3.2: Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours	3.2.1: Corniches et banquettes	tunnel équipé d'au moins un cheminement piétonnable en bon état et équipé pour privilégier l'évacuation (main courante côté piedroit) si techniquement pas possible, mesures compensatoires à déduire de l'analyse de risque	
		3.2.2: Aménagements pour maintenir la tête de l'eau	équipements sur toute la longueur et au moins d'un côté, accessibles depuis l'eau et sur l'amplitude de marnage	
		3.2.3: Aménagements pour s'extraire de l'eau	équipements pour s'extraire de l'eau au minimum au niveau des postes d'appels d'urgence, et à défaut tous les 200 m maximum	
		3.2.4: Cheminements d'évacuation	pas de recommandations particulières	à aménager pour l'évacuation lorsque cela est possible ces éventuelles issues de secours seront signalées par un pictogramme et un éclairage
		3.2.5: Niches de sécurité et refuges	pas de recommandations particulières	
	4- Equipements de sécurité	4.1: Alimentation électrique	4.1.1: Alimentation normale	boucle HTA à mettre en place éventuellement transformateurs dimensionnés et implantés pour reprendre l'alimentation des équipements adjacents en cas de panne
			4.1.2: Alimentation secourue de puissance	pas de recommandations particulières
			4.1.3: Alimentation secourue sans interruption	équipements de sécurité maintenus alimentés pendant au moins 1 heure (batterie ou onduleur) délai adapté en fonction du contexte (longueur du tunnel canal, durée nécessaire pour la sortie des bateaux engagés dans l'ouvrage, l'évacuation des usagers ...)
		4.2: Signalisation, balisage et gestion de la navigation	4.2.1: Signalisation fixe réfléchissante aux têtes et en section courante	préconisations qui ne se substituent pas aux obligations réglementaires de signalisation des tunnels panneaux réfléchissants aux têtes des ouvrages: rectangle de navigation, interdictions d'accès (piétons, passagers, TMD,...), port du gilet,... restrictions d'accès signalées suffisamment en amont pour éviter un engagement inutile dans l'ouvrage interdiction de demi-tour (aux têtes des ouvrages et en gare centrale), vitesses limites (mini et maxi aux têtes des ouvrages), signalisation des zones d'arrêt et des issues de secours (lorsqu'elles existent), interdiction d'arrêt en tunnel en dehors des zones prévues à cet effet (panneaux aux têtes des ouvrages), pictogrammes (éclairés) de signalisation des issues tous les 50m et au niveau des PAU, plaques de jalonnement décamétriques. le Règlement Particulier de Police (RPP) rappellera les interdictions et restrictions propres à chaque ouvrage
			4.2.2: Signalisation lumineuse de trafic	à étudier au cas par cas en fonction du contexte et de la configuration du tunnel feux d'alternat aux têtes associés à une détection des entrées-sorties (dans chaque sens de navigation) cas particulier des gares centrales: dispositif similaire pour gérer l'alternat
			4.2.3: Moyens de fermeture des accès au tunnel	équipements de moyens de contrôle d'accès: porte interdisant l'accès aux banquettes et corniches aux personnes non autorisées, moyen d'interdiction à la navigation en dehors des heures d'ouverture (points de contrôle aux écluses selon dispositions d'exploitation par exemple)
			4.2.4: Gabarit avertisseur	gabarit avertisseur supérieur équipé aux têtes de tunnel ou aux accès au bief (positionné pour alerter un usager d'un obstacle fixe en entrée ou section courante du tunnel)
			4.2.5: Informations aux usagers	Système d'information à étudier si le tunnel est muni d'une banquette et s'il est équipé d'un système de ventilation de désenfumage dynamique

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 2a et 2b

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques** - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe

			Tunnel de Classe 2	
			Tunnels de longueur comprise entre 350m et 1000m	
			Classe 2a	Classe 2b
			Trafic<8000 bateaux/an et Trafic de pointe < 80 bateaux/j et Trafic <100 bateaux passagers/an	Trafic>8000 bateaux/an ou Trafic de pointe > 80 bateaux/j ou Trafic >100 bateaux passagers/an
paragraphe de référence du FRT				
4- Equipements de sécurité	4.3: Eclairage	4.3.1: Eclairage des têtes de tunnel	têtes de tunnel à signaler par un éclairage si elles constituent un obstacle à la navigation (restriction du gabarit de navigation)	
		4.3.2: Eclairage d'exploitation	6 lux en moyenne sur le cheminement d'évacuation et 1,4 lux mini en tous points éclairage au seul passage d'un bateau dans certaines conditions si situation d'incident, éclairage sur l'ensemble de l'ouvrage	
		4.3.3: Eclairage de sécurité	niveau d'éclairement équivalent à 1,4 lux en tous points alimentation de l'éclairage de sécurité secourue pendant un délai à adapter en fonction du contexte et de la durée nécessaire pour l'évacuation des personnes et/ou des embarcations	
		4.3.4: Jalonnement	sources lumineuses à 1m maxi de hauteur et espacées de 10m pour assurer un jalonnement au niveau du chemin d'évacuation	
		4.3.5: Eclairage des équipements de sécurité	éclairage renforcé et/ou différent (permanent ou mis en service en cas d'alerte) pour les équipements et aménagements de sécurité (PAU, équipements pour s'extraire de l'eau, panneaux de signalisation des issues, ...)	
	4.4: Moyens d'appel d'urgence		postes fixes à chaque tête pour communication bidirectionnelle	postes fixes à chaque tête pour communication bidirectionnelle + postes tous les 200m environ + postes de secours par un cheminement d'évacuation
	4.5: Détection et lutte contre l'incendie	4.5.1: Détection incendie	installation de moyens de détection d'incendie à apprécier en fonction de la présence d'autres systèmes: vidéosurveillance, PAU, retransmission communications hertziennes,...	
		4.5.2: Extincteurs	extincteurs obligatoires à bord selon la catégorie du bateau (cf. Arrêté du 1er février 2000 relatif à l'équipement de sécurité des bateaux) le RPP précisera que l'utilisateur doit vérifier la présence effective d'un extincteur conforme et en état de fonctionnement à bord de son bateau avant de s'engager dans le tunnel	
		4.5.3: Réseau d'eau incendie en tunnel	non préconisé pour les tunnel-canaux	
		4.5.4: Moyens mobiles de lutte incendie	Moyens à définir après étude au cas par cas mise à disposition et maintien en fonctionnement à étudier avec les services de secours	
	4.6: Retransmission des communications	4.6.1: Communications hertziennes	garantie de la continuité des communications radioélectriques aux services de secours, avec les moyens propres à ces services, en tout point de l'infrastructure	
		4.6.2: Installations de radiocommunications au poste de contrôle	poste de permanence avec téléphone fixe utilisé prioritairement pour les communications avec les services de secours, pouvant être utilisé de façon simultanée avec la réception d'un appel en provenance du tunnel	
	4.7: Equipement de surveillance		pas de recommandations particulières	
	4.8: Ventilation de désenfumage		définir la stratégie d'évacuation dans le PIS	définir la stratégie d'évacuation dans le PIS étude de désenfumage à réaliser délai de mise en oeuvre de la ventilation de désenfumage et la stratégie de contrôle des fumées à adapter en fonction du contexte
	4.9: Ventilation sanitaire		pas de recommandations particulières	réalisation d'une étude de la qualité de l'air en tunnel respect des valeurs maximales recommandées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique (teneur moyenne en CO et NO2)
	4.10: Comportement au feu des équipements et de leurs câbles		la perte d'un équipement ne doit pas entraîner celle des autres équipements les câbles seront résistants au feu	

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 2a et 2b

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe**

			Tunnel de Classe 2	
			Tunnels de longueur comprise entre 350m et 1000m	
			Classe 2a	Classe 2b
			Trafic<8000 bateaux/an et Trafic de pointe < 80 bateaux/j et Trafic <100 bateaux passagers/an	Trafic>8000 bateaux/an ou Trafic de pointe > 80 bateaux/j ou Trafic >100 bateaux passagers/an
paragraphe de référence du FRT				
5- Exploitation et Maintenance	5.1: Moyens d'exploitation	5.1.1: Poste de contrôle pour l'exploitation	poste de permanence pour l'exploitation: local de l'écluser ou poste de contrôle commande local ou distant une permanence humaine est assurée aux heures d'ouverture à la navigation personnel qualifié et en effectif suffisant pour gérer les situations dangereuses conformément aux dispositions prévues dans le PIS	
		5.1.2: Exclusion des bateaux	recherches de solutions d'exploitation afin qu'un bateau transportant des matières dangereuses (TMD) ou un bateau à passagers traverse le tunnel seul si pas envisageable, une étude de risque est à faire et des mesures compensatoires sont à prévoir transport des matières dangereuses ne peut emprunter le tunnel simultanément à un bateau à passer	
		5.1.3:Contrôle d'interdistance et de cadencement	pas de recommandations particulières	dispositions de cadencement à prévoir pour engager un seul bateau à la fois dans le tunnel si pas de moyens de surveillance et de communication analyse de risque déterminera la distance d'espacement retenus pour le cadencement
		5.1.4: Alternat	pas de recommandations particulières	dispositions de cadencement à prévoir pour ne pas avoir de navigation en sens contraire si pas de moyens de surveillance et de communication
		5.1.5: Mobilisation des secours, schéma d'alerte	poste de permanence chargé d'alerter les secours selon dispositions du Plan d'Intervention et de Sécurité possibilité que l'utilisateur alerte les secours sans passer par le poste de permanence PIS décrit le schéma d'alerte	
		5.1.6: Maintenance	accès par le personnel de maintenance aux systèmes en mode local (éclairage en particulier) l'implantation des équipements et le cheminement des câbles devront permettre à la maintenance d'intervenir dans des conditions ne gênant pas la navigation	
	5.2: Documents obligatoires	5.2.1: RPP ou AvisBat n°1	le RPP liste les règles de navigation à respecter dans chaque tunnel et les documents à posséder par les usagers du tunnel l'avis à la batellerie n°1 est pris en application du Règlement Particulier de Police - il précise, complète les dispositions du RPP et porte à connaissance certaines informations générales sur la voie d'eau	
		5.2.2: Organisation courante de l'exploitation	consignes à élaborer par l'exploitant (fonctionnement et modalités d'utilisation des dispositifs de sécurité, dispositions à prendre pour le respect et la surveillance des règles de navigation, pour la fermeture du tunnel, restrictions d'exploitation ...)	
		5.2.3: Plan d'Intervention et de Sécurité	document à établir et à actualiser chaque année par l'exploitant, en concertation avec les services de secours, disponible au poste de permanence de l'exploitation et diffuser aux services internes et externes à l'exploitant	
	5.3: Suivi et maintien de la sécurité d'exploitation	5.3.1: Exercices de sécurité	exercice interne à organiser au moins une fois par an des exercices peuvent être organisés par ailleurs par les autorités en charge de la sécurité	
		5.3.2: Gestion du retour d'expérience	compte-rendu à établir après chaque exercice ou incident ou accident	

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 3

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe**

paragraphe de référence du FRT			Classe 3 <i>Tunnels de plus de 1000m</i>
3- Génie Civil	3.1: Accès tunnel et stationnement des secours	3.1.1: Accès terrestre	accès à chaque tête (ou à proximité) utilisable par les engins de secours aire de stationnement et de retournement à proximité du débouché du chemin d'accès - chemin d'accès fléché à partir du réseau routier - accès par les puits à étudier
		3.1.2: Accès voie navigable	embarcation et moyens de mise à l'eau à mettre en œuvre, disponibles au plus près de chaque tête et à proximité de l'aire de stationnement et de retournement
		3.1.3: Accès voie aérienne	zones éventuelles d'atterrissage d'hélicoptères à proximité de chaque tête et des communications vers l'extérieur lorsqu'elles existent (à recenser avec les services d'intervention)
		3.1.4: Zones d'attente	la conception de zone d'attente aux abords des tunnels canaux (en amont ou en aval) devra satisfaire à certaines exigences: visibilité suffisante en approche du tunnel, espace suffisant pour manœuvrer, mise en place de poste d'attente pour amarrage temporaire (avec les aménagements qui s'y imposent - cf. paragraphe 3.1.4. du FRT)
	3.2: Aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours	3.2.1: Corniches et banquettes	tunnel équipé d'au moins un cheminement piétonnable en bon état et équipé pour privilégier l'évacuation (main courante côté piedroit) si techniquement pas possible, mesures compensatoires à déduire de l'analyse de risque
		3.2.2: Aménagements pour maintenir la tête de l'eau	équipements sur toute la longueur et au moins d'un côté, accessibles depuis l'eau et sur l'amplitude de marnage
		3.2.3: Aménagements pour s'extraire de l'eau	équipements pour s'extraire de l'eau au minimum au niveau des postes d'appels d'urgence, et à défaut tous les 200 m maximum
		3.2.4: Cheminements d'évacuation	à aménager pour l'évacuation lorsque cela est possible ces éventuelles issues de secours seront signalées par un pictogramme et un éclairage
		3.2.5: Niches de sécurité et refuges	pas de recommandations particulières
4- Equipements de sécurité	4.1: Alimentation électrique	4.1.1: Alimentation normale	boucle HTA à mettre en place éventuellement transformateurs dimensionnés et implantés pour reprendre l'alimentation des équipements adjacents en cas de panne étudier la possibilité d'avoir deux sources d'alimentation HTA distinctes et indépendantes
		4.1.2: Alimentation secourue de puissance	alimentation de secours par groupe électrogène fixe ou mobile pour une durée de 48h à étudier
		4.1.3: Alimentation secourue sans interruption	équipements de sécurité maintenus alimentés pendant au moins 1 heure (batterie ou onduleur) délai adapté en fonction du contexte (longueur du tunnel canal, durée nécessaire pour la sortie des bateaux engagés dans l'ouvrage, l'évacuation des usagers ...)
	4.2: Signalisation, balisage et gestion de la navigation	4.2.1: Signalisation fixe réfléchissante aux têtes et en section courante	préconisations qui ne se substituent pas aux obligations réglementaires de signalisation des tunnels panneaux réfléchissants aux têtes des ouvrages: rectangle de navigation, interdictions d'accès (piétons, passagers, TMD,...), port du gilet,... restrictions d'accès signalées suffisamment en amont pour éviter un engagement inutile dans l'ouvrage interdiction de demi-tour (aux têtes des ouvrages et en gare centrale), vitesses limites (mini et maxi aux têtes des ouvrages), signalisation des zones d'arrêt et des issues de secours (lorsqu'elles existent), interdiction d'arrêt en tunnel en dehors des zones prévues à cet effet (panneaux aux têtes des ouvrages), pictogrammes (éclairés) de signalisation des issues tous les 50m et au niveau des PAU, plaques de jalonnement décamétriques. le Règlement Particulier de Police (RPP) rappellera les interdictions et restrictions propres à chaque ouvrage
		4.2.2: Signalisation lumineuse de trafic	à étudier au cas par cas en fonction du contexte et de la configuration du tunnel feux en alternat aux têtes associés à une détection des entrées-sorties (dans chaque sens de navigation) cas particulier des gares centrales: dispositif similaire pour gérer l'alternat feux de navigation en section courante avec un pas de 500 m possibilité d'équiper le tunnel d'un système afin de détecter la violation de la signalisation à l'intérieur du tunnel
		4.2.3: Moyens de fermeture des accès au tunnel	équipements de moyens de contrôle d'accès: porte interdisant l'accès aux banquettes et corniches aux personnes non autorisées, moyen d'interdiction à la navigation en en dehors des heures d'ouverture (points de contrôle aux écluses selon dispositions d'exploitation par exemple)
		4.2.4: Gabarit avertisseur	gabarit avertisseur supérieur équipé aux têtes de tunnel ou aux accès au bief (positionné pour alerter un usager d'un obstacle fixe en entrée ou section courante du tunnel)
		4.2.5: Informations aux usagers	Système d'information à étudier si le tunnel est muni d'une banquette et s'il est équipés d'un système de ventilation de désenfumage dynamique

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 3

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe**

paragraphe de référence du FRT			Classe 3 Tunnels de plus de 1000m
4- Equipements de sécurité	4.3: Eclairage	4.3.1: Eclairage des têtes de tunnel	têtes de tunnel à signaler par un éclairage si elles constituent un obstacle à la navigation (restriction du gabarit de navigation)
		4.3.2: Eclairage d'exploitation	6 lux en moyenne sur le cheminement d'évacuation et 1,4 lux mini en tous points éclairage au seul passage d'un bateau dans certaines conditions si situation d'incident, éclairage sur l'ensemble de l'ouvrage
		4.3.3: Eclairage de sécurité	niveau d'éclairement équivalent à 1,4 lux en tous points alimentation de l'éclairage de sécurité secourue pendant un délai à adapter en fonction du contexte et de la durée nécessaire pour l'évacuation des personnes et/ou des embarcations
		4.3.4: Jalonnement	sources lumineuses à 1m maxi de hauteur et espacées de 10m pour assurer un jalonnement au niveau du chemin d'évacuation
		4.3.5: Eclairage des équipements de sécurité	éclairage renforcé (permanent ou mis en service en cas d'alerte) pour les équipements et aménagements de sécurité (PAU, équipements pour s'extraire de l'eau, panneaux de signalisation des issues, ...)
	4.4: Moyens d'appel d'urgence		postes fixes à chaque tête pour communication bidirectionnelle + postes tous les 200m environ + postes de service par un cheminement d'évacuation
	4.5: Détection et lutte contre l'incendie	4.5.1: Détection incendie	installation de moyens de détection d'incendie à apprécier en fonction de la présence des autres équipements de surveillance et d'alerte: vidéosurveillance, PAU, retransmission communications hertziennes,...
		4.5.2: Extincteurs	extincteurs obligatoires à bord selon la catégorie du bateau (cf. Arrêté du 1er février 2000 relatif à l'équipement de sécurité des bateaux) le RPP précisera que l'utilisateur doit vérifier la présence effective d'un extincteur conforme et en état de fonctionnement à bord de son bateau avant de s'engager dans le tunnel
		4.5.3: Réseau d'eau incendie en tunnel	non préconisé pour les tunnel-canaux
		4.5.4: Moyens mobiles de lutte incendie	Moyens à définir après étude au cas par cas mise à disposition et maintien en fonctionnement à étudier avec les services de secours
	4.6: Retransmission des communications	4.6.1: Communications hertziennes	garantie de la continuité des communications radioélectriques aux services de secours, avec les moyens propres à ces services, en tout point de l'infrastructure équipements d'un moyen de retransmission des communications hertziennes pour les secours, l'exploitant et les usagers. Tout usager sera équipé de VHF
		4.6.2: Installations de radiocommunications au poste de contrôle	poste de permanence avec téléphone fixe utilisé prioritairement pour les communications avec les services de secours, pouvant être utilisé de façon simultanée avec la réception d'un appel en provenance du tunnel
	4.7: Equipement de surveillance		vidéosurveillance de l'ensemble du tunnel, en particulier les cheminements accessibles dans le cas où il existe un cheminement secondaire (banquette ou corniche), les équipements de vidéosurveillance doivent pouvoir repérer en tous points une personne qui s'y serait réfugiée pour les tunnels munis d'un système de ventilation: étude de l'opportunité d'installer un système de détection des bateaux en complément de la vidéosurveillance
	4.8: Ventilation de désenfumage		définir la stratégie d'évacuation dans le PIS étude de désenfumage à réaliser délai de mise en oeuvre de la ventilation de désenfumage et la stratégie de contrôle des fumées à adapter en fonction du contexte
	4.9: Ventilation sanitaire		réalisation d'une étude de la qualité de l'air en tunnel respect des valeurs maximales recommandées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique (teneur moyenne en CO et NO2)
	4.10: Comportement au feu des équipements et de leurs câbles		la perte d'un équipement ne doit pas entraîner celle des autres équipements les câbles seront résistants au feu

Synthèse du Fascicule de Recommandations Techniques - TUNNELS CANAUX DE CLASSE 3

NB: ce tableau est une **synthèse du contenu des recommandations techniques** - Se référer au document global pour les précisions de chaque paragraphe

paragraphe de référence du FRT			Classe 3
			Tunnels de plus de 1000m
5- Exploitation et Maintenance	5.1: Moyens d'exploitation	5.1.1: Poste de contrôle pour l'exploitation	poste de permanence pour l'exploitation: local de l'éclusier ou poste de contrôle commande local ou distant une permanence humaine est assurée aux heures d'ouverture à la navigation personnel qualifié et en effectif suffisant pour gérer les situations dangereuses conformément aux dispositions prévues dans le PIS
		5.1.2: Exclusion des bateaux	recherches de solutions d'exploitation afin qu'un bateau transportant des matières dangereuses (TMD) ou un bateau à passagers traverse le tunnel seul si pas envisageable, une étude de risque est à faire et des mesures compensatoires sont à prévoir transport des matières dangereuses ne peut emprunter le tunnel simultanément à un bateau à passager
		5.1.3: Contrôle d'interdistance et de cadencement	dispositions de cadencement à prévoir + respect d'un espacement suffisant entre bateau avec moyens de surveillance et de communication analyse de risque déterminera la distance d'espacement retenus pour le cadencement
		5.1.4: Alternat	utilisation de la signalisation lumineuse de trafic, des moyens de surveillance et de communication pour respecter l'alternat
		5.1.5: Mobilisation des secours, schéma d'alerte	poste de permanence chargé d'alerter les secours selon dispositions du Plan d'Intervention et de Sécurité possibilité que l'usager alerte les secours sans passer par le poste de permanence PIS décrit le schéma d'alerte
		5.1.6: Maintenance	accès par le personnel de maintenance aux systèmes en mode local (éclairage en particulier) l'implantation des équipements et le cheminement des câbles devront permettre à la maintenance d'intervenir dans des conditions ne gênant pas la navigation
	5.2: Documents obligatoires	5.2.1: RPP ou AvisBat n°1	le RPP liste les règles de navigation à respecter dans chaque tunnel et les documents à posséder par les usagers du tunnel l'avis à la batellerie n°1 est pris en application du Règlement Particulier de Police - il précise, complète les dispositions du RPP et porte à connaissance certaines informations générales sur la voie d'eau
		5.2.2: Organisation courante de l'exploitation	consignes à élaborer par l'exploitant (fonctionnement et modalités d'utilisation des dispositifs de sécurité, dispositions à prendre pour le respect et la surveillance des règles de navigation, pour la fermeture du tunnel, restrictions d'exploitation ...)
		5.2.3: Plan d'Intervention et de Sécurité	documents à établir et à actualiser chaque année par l'exploitant, en concertation avec les services de secours, disponible au poste de permanence de l'exploitation et diffuser aux services internes et externes à l'exploitant
	5.3: Suivi et maintien de la sécurité d'exploitation	5.3.1: Exercices de sécurité	exercice interne à organiser au moins une fois par an des exercices peuvent être organisés par ailleurs par les autorités en charge de la sécurité
		5.3.2: Gestion du retour d'expérience	compte-rendu à établir après chaque exercice ou incident ou accident

ANNEXE 3 – Gabarits de cheminements

Fonction à assurer :

Permettre l'évacuation des usagers vers les issues de secours et têtes de tunnel.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

- [REF. 1] : 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
- [REF. 2] : Instruction technique interministérielle relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires – N°98-300 du 8 juillet 1998
- [REF. 3] : Instruction Technique concernant la construction et l'exploitation de lignes de transport public de voyageurs aux moyens de trains entièrement automatiques – Système VAL – Février 1988
- [REF. 4] : Annexe à l'Arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes : Instruction technique relative à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes

Maintenance :

Nettoyage à l'eau, sous haute pression.

Fréquence à définir par l'exploitant.

Coût d'installation :

Extrêmement variable selon l'état du cheminement existant.

PREAMBULE

Il n'y a pas de texte réglementaire ou normatif spécifique aux gabarits de cheminements des tunnels canaux. Plusieurs documents de référence décrivent diverses dimensions relatives aux cheminements. Les éléments ci-après extraits de ces prescriptions permettent de déterminer des situations acceptées dans des ouvrages comportant certaines analogies avec les tunnels canaux.

Il est proposé de réaliser une conception combinant les dimensions les plus favorables à la sécurité des exemples ci-après, et lorsque ce n'est pas le cas de le justifier par les contraintes propres à l'ouvrage. En tout état de cause, une conception ne respectant pas les dimensions minimales des exemples ci-après devra faire l'objet d'une analyse de risques afin d'exposer les mesures compensatoires.

Il convient aussi de noter que le contexte particulier des tunnels canaux oblige à tenir compte des contraintes d'exploitation et de maintenance, qui peuvent augmenter significativement les dimensions minimales du cheminement. Il est donc conseillé de ne pas se limiter strictement aux dimensions de sécurité citées dans les documents de référence ci-dessous et de tenir compte des expériences sur les tunnels existants.

Extraits de la [REF. 1] : 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

2 - Dispositions de Génie Civil

2.1.2 - Trottoirs

Un trottoir doit être aménagé [...] 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.**

Extraits de la [REF. 2] : Instruction technique interministérielle relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires – N°98300 du 8 juillet 1998

Chapitre 3 - Disposition commune

3.1.2. – Cheminement

Un cheminement est prévu pour l'évacuation des personnes en tout point du tunnel. Différentes solutions peuvent être adoptées, notamment le trottoir et le radier. Si le trottoir est retenu, sa largeur est au moins de 0,70 m libre de tout obstacle sur une hauteur de 2 m. Un trottoir est installé de chaque côté du tunnel dans le cas d'un ouvrage à deux voies. Une main courante est fixée en piédroit. Si la solution du radier est retenue, la largeur du cheminement ne peut être inférieure à celle préconisée pour les trottoirs. Sa surface est aussi régulière que possible. Notamment, les traverses ou entretoises ne doivent pas faire saillie.

Extraits de la [REF. 3] : Instruction Technique concernant la construction et l'exploitation de lignes de transport public de voyageurs aux moyens de trains entièrement automatiques – Système VAL – Février 1988

6.4 Charges d'exploitation

Le cheminement piéton sera dimensionné pour les charges d'exploitation suivantes : 500 daN/m² sur toute la surface du cheminement ou 300 daN/ml supposés concentrés sur l'arête du bord côté voie.

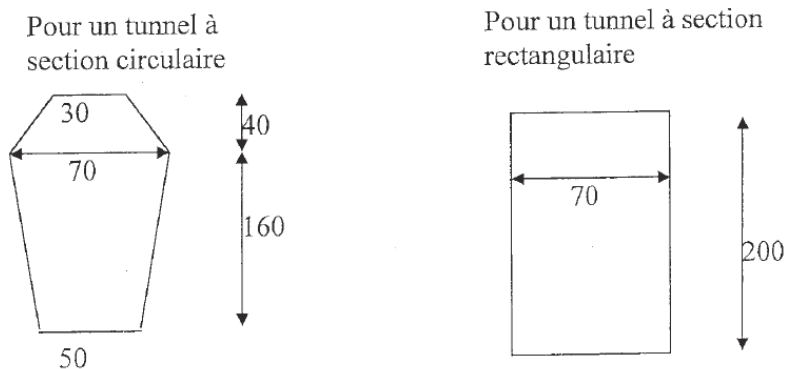
Extraits de la [REF. 4] : Annexe à l'Arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes : Instruction technique relative à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes.

5. Dispositions relatives à l'évacuation des personnes transportées

5.2. Cheminement d'évacuation

Un cheminement situé hors gabarit statique des matériels roulant doit être prévu en tout point du tunnel pour permettre l'évacuation vers des stations ou vers l'extérieur de toutes les personnes transportées. Cette évacuation doit pouvoir être initialisée avant l'arrivée des services publics de secours.

La section minimale du cheminement libre de tout obstacle doit avoir les dimensions suivantes :



Ce cheminement doit être prolongé par un dispositif d'accès aux quais des stations, dont les dimensions sont les mêmes que celle du cheminement et dont les marches d'escalier à franchir le cas échéant ne dépassent pas 0,21 mètre dans un plan vertical.

Différentes solutions peuvent être adoptées pour ce cheminement, notamment la passerelle ou le trottoir.

Si la passerelle est retenue, elle sera implantée à la hauteur du plancher des véhicules ou avec une hauteur d'embarquement n'excédant pas 0,30 mètre ; le platelage de cette passerelle sera uniforme et sans saillies ni caillebotis. Une main courante est fixée en piedroit. Dans le cas d'un ouvrage à deux voies, une passerelle est installée de chaque côté du tunnel.

Si la solution du trottoir est retenue, sa surface doit être aussi régulière que possible, aucun appareil ne doit y être installé ; les dalots de couverture de caniveau doivent être stables. Dans le cas d'un ouvrage à deux voies, un trottoir est installé de chaque côté du tunnel. Une main courante est fixée en pied droit à une hauteur telle que la descente des voyageurs depuis le train sur le trottoir en soit facilitée.

ANNEXE 4 – Issues de secours

Fonction à assurer :

Assurer l'évacuation des usagers par des cheminements sécurisés

Documents de référence donnés à titre indicatif :

- [REF. 1] : Directive 2004/54/CE du parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen
- [REF. 2] : Instruction technique interministérielle relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires - n° 98 300 du 08 juillet 1998
- [REF. 3] : 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
- [REF. 4] : Dossier Pilote des tunnels équipements – Section 4.1 – Ventilation – Novembre 2003
- [REF. 5] : Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (1) (Journal officiel - N.C. du 14 août 1980)
- [REF. 6] : Instruction technique n° 246 relative au désenfumage dans les établissements recevant du public (journal officiel du 4 mai 1982).
- [REF. 7] : Normes NF X-08-003-1 et NF X-08-003-3 : Symboles graphiques et pictogrammes – couleurs de sécurité et signaux visuels de sécurité

Maintenance :

Visite des issues de secours selon périodicité à définir par l'exploitant.

Nettoyages et réparations en tant que de besoin.

Coût d'installation :

Extrêmement variable selon les ouvrages.

PREAMBULE

Le FRT précise « Pour les tunnels de classe 2b et au-delà, des communications vers l'extérieur seront aménagées pour l'évacuation lorsque cela est possible. Il sera notamment tenu compte de critères tels que la possibilité d'aménagement de galeries existantes, la couverture de terrain et la complexité des réseaux, les contraintes économiques. Ces issues de secours seront signalées par un pictogramme et par un éclairage.

Lorsque l'analyse de risque conclut à la nécessité et à la possibilité d'aménager des issues de secours, il conviendra de réaliser une conception combinant les caractéristiques les plus favorables à la sécurité des exemples ci-après, et lorsque ce n'est pas le cas de le justifier par les contraintes propres à l'ouvrage.

Extraits de la [REF. 1] : Directive 2004/54/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen

2.3 Voies d'évacuation et issues de secours

2.3.3 Les issues de secours permettent aux usagers de quitter le tunnel sans leur véhicule et d'atteindre un lieu sûr en cas d'accident ou d'incendie. Elles permettent également aux services d'intervention d'accéder au tunnel à pied. Des exemples d'issues de secours sont les suivants :

- issues directes du tunnel vers l'extérieur,
- galeries de communication entre les tubes d'un tunnel,
- issues vers une galerie de sécurité,
- abris avec une voie d'évacuation séparée du tube du tunnel.

2.3.4 Des abris dépourvus de sortie conduisant à des voies d'évacuation vers l'extérieur ne sont pas construits.

2.3.5 Des issues de secours sont prévues si une analyse des risques pertinents, y compris l'envahissement par les fumées et leur vitesse de propagation dans les conditions locales, montre que la ventilation et les autres dispositions de sécurité sont insuffisantes pour assurer la sécurité des usagers de la route.

2.3.9 Des moyens appropriés, tels que des portes, empêchent la propagation des fumées et de la chaleur vers les voies d'évacuation situées derrière les issues de secours pour que les usagers du tunnel puissent rejoindre l'extérieur en sécurité et que les services d'intervention puissent accéder au tunnel.

Extraits de la [REF. 2] : Instruction technique interministérielle relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires – n° 98-300 du 8 juillet 1998

Chapitre 4 – Dispositions particulières

4.1 Génie Civil

4.1.2. - Dispositifs d'accès des secours pour les tunnels sur lignes urbaines

[...] Ces dispositifs ont une largeur minimale de 2 unités de passage et une hauteur minimale de 2,2 m.

Ils sont reliés au tunnel par un sas mis en surpression localement et équipé de portes de degré coupe-feu une demi-heure.

Un volume tampon d'une surface voisine de 25 m² est réalisé entre le sas et le volume ascenseur / escalier.

4.1.2.1. – Équipement

Chaque accès dispose :

- d'un éclairage,
- de moyens de liaison avec l'exploitant,
- de moyens de liaison des services de secours (au minimum un poste sur la ligne dédiée au commandement de l'opération, et un poste sur la ligne dédiée à l'alimentation en eau d'extinction),
- d'une colonne sèche,
- d'une commande locale de mise en surpression du sas.

4.1.2.2. - Équipement complémentaire

Lorsque les voies se trouvent entre 15 m et 28 m de profondeur, un puits de dimensions minimales 1 x 2 m avec poulie de descente de matériel (force minimale de 50 kg) est mis en place.

Au-delà de 28 m de profondeur, un ascenseur permettant le transport du brancard normalisé est prévu dans les dispositifs d'accès des secours. Cet appareil peut être confondu avec celui de la station. Il est alors équipé d'un dispositif d'appel prioritaire.

Extraits de la [REF. 3] : 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

Ces extraits sont fournis à titre indicatif. Certains passages traitant des issues de secours ont été supprimés : le lecteur se référera en tant que de besoin au texte original.

2 - Dispositions de Génie Civil

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

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

- communications directes avec l'extérieur (§ 2.2.1 suivant) 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

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.

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 :

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)

Lorsqu'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.

2.9 - Accessibilité aux personnes handicapées

Nota : En tunnel canal, il n'est pas toujours envisageable de concevoir des aménagements pour qu'une personne handicapée quitte son bateau de ses propres moyens. L'exploitant est tenu d'informer les PMR des difficultés d'évacuation en tunnel. Dans ce cas, l'accès de ces personnes se fera sous leur responsabilité et celle des personnes les accompagnant. Néanmoins, il est intéressant de retenir les caractéristiques minimales requises pour une PMR (ex. sur fauteuil roulant) et son accompagnateur : voir notamment la fiche du FRT relative aux dimensions des cheminements.

3. Équipements de sécurité

3.2 Ventilation

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

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 surpression⁶.

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.

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 – Éclairage

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.

4. Comportement au feu

4.3 Résistance au feu des structures

4.3.2 - Structures de second œuvre

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

Nota : Les principes de comportement au feu décrits dans l'annexe 2 de la circulaire n° 2000-63 peuvent être repris pour les tunnels canaux. Il conviendra cependant d'évaluer, pour chaque ouvrage, si les degrés de résistance sont compatibles avec les durées de séjour et de cheminement prévisibles, dans les conditions d'incendies de référence retenus pour ces ouvrages.

⁶ Il faudra veiller à ce que cette surpression ne constitue pas une gêne à l'ouverture des portes et à l'évacuation. Par conséquent, la surpression ne devra pas dépasser environ 80 Pa par rapport au tunnel. Un objectif de l'ordre de 50 Pa sera retenu.

**Extraits de la [REF.4] : Dossier Pilote des tunnels équipements – Section 4.1 – Ventilation –
Novembre 2003**

Chapitre 5.6 – Ventilation des abris et galerie d'évacuation

5.6.1 Introduction

Le rôle de la ventilation des dispositifs d'évacuation est de permettre aux usagers de les emprunter en toute sécurité pour gagner l'air libre en cas d'incendie dans le tunnel, ou, dans le cas des abris, d'attendre l'arrivée des services de secours pour être évacués au moyen des cheminements protégés.

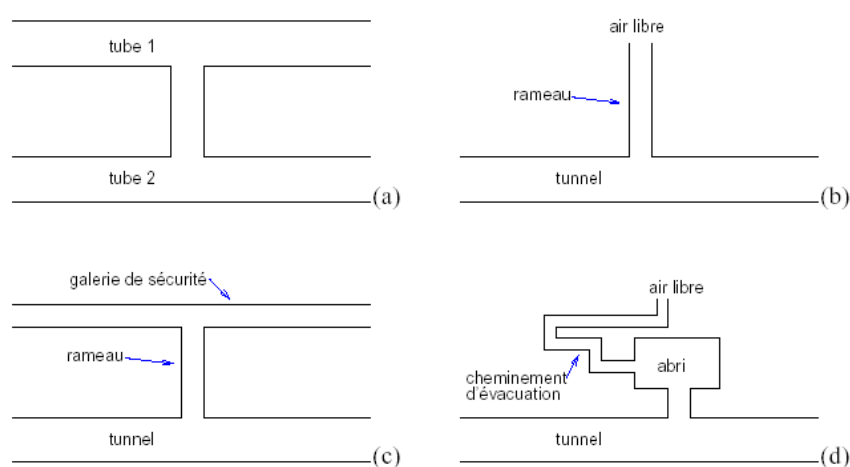


FIG. 5.14 – schéma des différents dispositifs pour l'évacuation des usagers (vue en plan) ; (a) communication entre tubes ; (b) rameau d'évacuation ; (c) galerie de sécurité ; (d) abri avec cheminement d'évacuation.

Cas des rameaux débouchant à l'air libre

Les communications avec l'air libre peuvent être soit de courts escaliers ou cheminements, soit des rameaux relativement longs. Quand un cheminement vers l'air libre a moins de 25 m de long ou un escalier moins de 15 m de haut, il n'est en général pas nécessaire de le ventiler, et on se contente de mettre en place un sas entre le tunnel et le rameau ou l'escalier. Quand un cheminement dépasse ces longueurs, on l'alimente en général en air frais, ce qui peut se faire au moyen d'une pressurisation du sas avec décompression vers le rameau d'évacuation ou par une mise en surpression de la totalité du rameau.

Cas des installations avec abris

L'instruction technique prescrit de plus que la température ambiante dans l'abri et les cheminements d'évacuation ne doit pas dépasser 40°C pendant le temps fixé pour l'évacuation des abris, même pour un incendie de 200 MW dans les conditions de localisation de l'incendie les plus défavorables, et même si les installations de désenfumage du tunnel ne fonctionnent pas.

Extraits de la [REF. 5] : Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (1) (Journal officiel - N.C. du 14 août 1980)

Les tunnels canaux ne sont pas considérés comme des établissements recevant du public (ERP). Néanmoins, dans la mesure du possible, il conviendra d'appliquer les articles ERP utiles à la sécurité des personnes, parmi lesquelles et de manière non exhaustive, on peut citer :

Article CO 51 Sécurité d'utilisation des escaliers

§ 1. Les marches ne doivent pas être glissantes. Les marches successives doivent se recouvrir de 0,05 mètre s'il n'y a pas de contremarches.

§ 2. Les escaliers d'une largeur égale à une unité de passage au moins doivent être munis d'une main courante. Ceux d'une largeur de deux unités de passage ou plus doivent comporter une main courante de chaque côté.

Article CO 55 Escaliers droits (Arrêté du 31 mai 1991)

§ 1. Les escaliers droits destinés à la circulation du public doivent être établis de manière que les marches répondent aux règles de l'art et que les volées comptent 25 marches au plus, à l'exception des circulations desservant les places dans les gradins. Si la largeur des escaliers dépasse quatre unités de passage, ils devront être recoupés par une ou des mains courantes intermédiaires séparant des nombres entiers d'unités de passage, sans pouvoir être supérieurs à quatre.

Les escaliers peuvent être remplacés par des rampes dont la pente ne dépasse pas 12 %.

Dans la mesure du possible, les directions des volées doivent se contrarier.

§ 2. Les paliers doivent avoir une largeur égale à celle des escaliers, dans le cas de volées non contrariées, leur longueur doit être supérieure à 1 mètre.

Article CO 41 Dégagements accessoires et supplémentaires

§ 1. Des dégagements accessoires peuvent être imposés après avis de la commission de sécurité si, exceptionnellement, les sorties et escaliers normaux ne peuvent être judicieusement répartis.

§ 2. Les dégagements accessoires peuvent être constitués par des sorties, des escaliers, des coursives, des passerelles, des passages en souterrain, ou par des chemins de circulation faciles et sûrs d'une largeur minimale de 0,60 mètre ou encore par des balcons filants, terrasses, échelles, manches d'évacuation, etc.

ANNEXE 5 – Alimentation électrique

Fonction à assurer :

Distribution de l'énergie électrique dans l'ouvrage et alimentation des différents équipements.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Dossier pilote du CETU : 4.3 Alimentation électrique

Prescriptions techniques

NFC 15-100, règles d'installation en basse tension

NFC 13-200, règles d'installation en haute tension

NFC 13-100, règles d'installation d'un poste de livraison HT

NFC 11-101, réseau de distribution publique HTA

Maintenance :

Selon le choix du type d'infrastructure ainsi que du matériel mis en œuvre dans l'installation, la maintenance peut s'avérer être plus complexe et nécessiter l'intervention de personnel hautement formé et qualifié (habilitation électrique).

Ce sont surtout les groupes électrogènes qui réclament une maintenance accrue ainsi que des tests périodiques pour vérifier l'état de marche.

Les onduleurs nécessitent une maintenance qui peut bien souvent être gérée par un contrat avec le fournisseur du matériel, se sont surtout les batteries qui réclament une attention particulière tous les cinq ou huit ans (suivant le choix initial de la qualité des batteries).

La maintenance des transformateurs représente quelques heures d'arrêt par an des installations électriques.

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Variable en fonction du type de structure du réseau, de la longueur de l'ouvrage, des équipements à alimenter (ventilation ou pas) et du nombre d'équipements etc.

À titre d'exemple :

■ Poste de livraison HT sans redondance	70 000 €
■ Poste de livraison HT avec redondance	80 000 €
■ Transformateur HT/BT sec de :	
630 kVA	14 000 €
1 MVA	25 000 €
■ TGBT pour une intensité de :	
250 A	15 000 €
1000 A	40 000 €
1600 A	50 000 €
■ Onduleur pour une puissance de 5kVA	4 000 € (autonomie 30 mn)
■ Groupe électrogène pour une puissance de 200kVA	40 000 €

INTRODUCTION

Pour définir un réseau d'alimentation électrique, il faut tenir compte d'un certain nombre de contraintes techniques, géographiques et d'environnement.

La BT servant à alimenter les équipements du tunnel (éclairage, ventilation...) est produite au niveau d'un poste transformateur HTA/BT (20 kV / 400 V). Le 20 kV est distribué par le fournisseur d'électricité. La BT est ensuite distribuée vers les équipements du tunnel.

Une zone d'alimentation BT ne pourra excéder efficacement 500 m avec des câbles de section courante, car l'impédance de ces câbles risque de limiter le courant de défaut et d'annihiler l'action des protections (cf. NF C 15.100). Par ailleurs, à cette distance, la chute de tension en bout de câble peut nuire au bon fonctionnement de certains équipements.

En conséquence, avec un seul poste à une tête, il est possible d'alimenter un tunnel de 500 m. Avec un poste à chaque tête, ou un poste à mi longueur, il est possible d'alimenter un tunnel de 1000 m (deux demi-tunnels de 500 m). Ce module peut en théorie être répété autant de fois que nécessaire pour les tunnels de plus de 1000 m, mais cela nécessite de disposer de livraisons HTA tous les 1000 m, ce qui n'est pas toujours aisé. Pour pallier cet inconvénient, il peut être nécessaire d'installer une boucle privée HTA (20 kV ou 5,5 kV). Cette boucle pourra circuler à l'extérieur ou à l'intérieur du tunnel, ou un brin à l'intérieur et l'autre à l'extérieur. Les postes de transformation seront alors disposés environ tous les 1000 m, à l'intérieur ou à l'extérieur du tunnel.

LES DIFFERENTES ETAPES

Poste de livraison HT

Les modes de livraison les plus courants sont la « coupure d'artère » et la « dérivation ».

La coupure d'artère correspond à une boucle HTA desservant plusieurs clients et sur laquelle l'ensemble de ces livraisons sont en série. Un incident au niveau d'une des livraisons (chez un des clients) est susceptible de couper la boucle, l'alimentation est alors perdue du côté de la boucle endommagée, mais l'autre côté reste actif et la livraison de courant n'est pas interrompue. Ce montage tolère donc des défaillances d'ordre 1.

L'alimentation en antenne, consiste en une livraison ponctuelle à partir d'un câble HTA. Pour ce mode de livraison, un seul incident sur la ligne peut priver le client d'électricité. C'est la raison pour laquelle il est généralement mis en œuvre une double dérivation, soit deux lignes en redondance. Ce montage tolère alors des défaillances d'ordre 1. Toutefois, les deux câbles cheminent généralement en même temps et sont donc exposés à certains modes communs de défaillance.

À noter qu'une défaillance très amont chez le fournisseur peut conduire à perdre l'alimentation de la boucle ou de la double dérivation. En pratique, ces deux solutions sont réputées fiables et sont couramment mises en œuvre sur des tunnels routiers, ferroviaires et des établissements sensibles. Elles sont donc adaptées aux tunnels canaux et pourront servir de référence pour fixer un objectif de fiabilité à toute livraison selon un schéma différent proposée par un fournisseur (principe GAME « Globalement Au Moins Équivalent »).

Le choix de l'une ou l'autre solution doit tenir compte de la disponibilité sur site de sources d'alimentation et du montant des travaux nécessaires pour raccorder l'ouvrage à cette ou ces sources.

Pour les infrastructures les plus critiques (généralement nécessitant la mise en œuvre d'une ventilation), du point de vue de la sécurité ou de la disponibilité, selon les possibilités du réseau de distribution électrique, il peut être mis en œuvre 2 points de raccordement, chacun en coupure d'artère ou en double dérivation. Pour les longs tunnels où il est mis en œuvre une boucle privée, il peut être intéressant de fiabiliser à bon compte l'installation par un raccordement de chaque extrémité à un point HTA distinct. Néanmoins, cette double alimentation n'apparaît pas comme une exigence pour les tunnels canaux lorsque les modes communs ont été correctement recherchés et si les dispositions d'exploitation permettent de vider et fermer le tunnel dès que la distribution électrique est indisponible ; il est alors considéré comme improbable la survenue d'un incident majeur de manière concomitante à une perte de la source électrique principale.

Afin de disposer d'une seconde source d'électricité, il est également possible d'installer une centrale autonome (groupe électrogène). Ce type d'installation représente un investissement important comparativement aux raccordements au réseau. Les groupes électrogènes nécessitent également un entretien plus lourd qu'un poste de livraison. Enfin, il faut prévoir un local technique plus volumineux que pour un poste de livraison. Cette solution semble donc réservée à des infrastructures avec un fort impératif de disponibilité lorsque la localisation des réseaux de distribution ne permet pas plusieurs raccordements.

Une autre solution consiste à utiliser des groupes électrogènes mobiles, de puissance plus faible, afin de secourir tout ou partie de l'installation, si nécessaire en recourant à du délestage. Les locaux techniques devront être prédisposés pour accueillir des équipements de ce type.

Artère privée

Pour les longs tunnels, il peut être nécessaire d'installer une artère privée comportant une ou plusieurs sources d'alimentation. Cette boucle 20 kV ou 5,5 kV peut être installée en tunnel, en surface ou les deux (un câble en surface et l'autre en tunnel) selon les possibilités offertes par l'ouvrage.

Les postes de transformation sont alors raccordés sur cette boucle tous les 1000 m environ comme décrit précédemment.

La solution « artère privée » est généralement coûteuse, même si elle peut éviter l'installation de plusieurs points de comptage.

Transformation

Il pourra être considéré comme improbable d'avoir une défaillance du transformateur simultanément à un incident majeur, à condition de se prémunir des modes communs (ex. destruction du poste de transformation par les effets d'un incendie) et de vider et fermer le tunnel lors de l'indisponibilité de la distribution électrique. La redondance peut alors servir à augmenter la disponibilité de l'infrastructure.

Cette redondance est à apprécier en fonction des niveaux de service recherchés et de la criticité des scénarios potentiels identifiés dans l'analyse de risques exigée pour les tunnels de classe 2b et au-delà et de plus de 1000 m.

Les postes de transformation devront être implantés en respectant une distance d'action efficace de la basse tension qu'ils délivrent de l'ordre de 500 m. Plusieurs schémas sont envisageables :

- Distribution en L
Un poste à une seule des têtes de tunnel, pour les tunnels de moins de 500 m.
Un poste à chaque tête pour les tunnels inférieurs à 1000 m.
- Distribution en T
Un poste central d'où partent deux branches, se dirigeant chacune vers une tête.

Implantation en tunnel : nécessite la construction d'un local technique accessible pour la maintenance et protégeant le transformateur des effets d'un incendie. Si le tunnel est équipé d'une artère privée 5,5 kV, il est possible d'utiliser des postes transformateurs plus compacts (type réseau d'éclairage public) et donc plus faciles à intégrer en tunnel.

Implantation en surface : aux têtes ou près d'une cheminée permettant de descendre les câbles BT. Cette solution permet de disposer de plus d'espace et de rendre les locaux techniques moins exposés aux effets d'un incendie. Elle peut requérir l'aménagement d'une voie d'accès pour la maintenance.

Tableau Général Basse Tension (TGBT)

On distinguera deux types d'équipements :

- les équipements de puissance tels l'éclairage d'exploitation, les équipements de ventilation. Ils ne nécessitent pas d'être secourus car lorsqu'ils sont défectueux le tunnel est préventivement « mis en sécurité », c'est-à-dire en général évacué et fermé,
- les équipements de mise en sécurité du tunnel doivent être secourus pour pouvoir être utilisés à tout moment (ex. perte de la distribution électrique principale) pour évacuer et fermer le tunnel (signalisation, éclairage de sécurité).

Les premiers seront alimentés via un TGBT non secouru. Les réseaux électriques ventilation et éclairage d'exploitation pourront être distincts pour des raisons techniques liées à la nature des câbles (section, tenue au feu) et des raisons de maintenance afin de permettre la maintenance de l'un tout en conservant l'autre.

Les seconds pourront être secourus :

- via un TGBTS disposant d'un onduleur permettant de reprendre les équipements de mise en sécurité raccordés à ce TGBTS,
- au moyen d'une source intégrée à ces équipements (équipement autonome, type bloc autonome de secours) ou à la ligne qui les dessert (onduleur dédié à la ligne d'alimentation).

Pour les raisons exposées précédemment, il n'y a pas d'exigence de redondance des TGBT lorsque les modes communs et dispositions d'exploitation sont correctement étudiés.



Exemple de transformateur



Exemple de TGBT

ANNEXE 6 – Panneaux et feux de signalisation

Fonction à assurer :

Informar les usagers des règles et conditions de navigation.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Code Européen des Voies de Navigation Intérieur (CEVNI)

Autres référentiels partiellement applicables / transposables :

NF EN 12899-1 - Signaux fixes de signalisation routière verticale - Partie 1 : panneaux fixes

NF P 99-200 - Régulation du trafic routier - Signaux lumineux d'intersection : Caractéristiques techniques

NF P 99-020 - Régulation du trafic routier - Signaux lumineux d'intersection : Contrôle de la tenue aux conditions d'environnement

NF EN 12675 - Contrôleurs de signaux de circulation routière - Exigences de sécurité fonctionnelle

NF P 99-022-1 - Régulation du trafic routier - Contrôleurs de carrefours à feux - Méthode d'essais des contrôleurs - Partie 1 : essais des sécurités fonctionnelles

NF P 99-070 - Régulation du trafic routier - Carrefours à feux - Dialogue avec un organe central - Spécifications PIAF2

NF P 99-100 - Contrôleurs de signaux de circulation routière - Caractéristiques complémentaires des sécurités fonctionnelles d'usage

NF X 08-003-1 et X 08-003-3 - symboles graphiques et pictogrammes – couleurs de sécurité et signaux visuels de sécurité

Maintenance :

Nettoyage des panneaux réfléchissants et feux de signalisation tous les 6 mois avec eau savonneuse.

Intervention de maintenance corrective en cas de détection de défaut sur équipement de signalisation dynamique (feux, automatismes).

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Un panneau de signalisation de taille moyenne (100x100) posé coûte de l'ordre de 150 €.

Un système simple de feux de régulation (vert/rouge) d'alternat placés aux têtes, y compris les dispositifs de détection, l'automatisme de contrôle commande et la pose, coûte de l'ordre de 5 000 €.

Un panneau à messages variables (PMV) 3 lignes 15 caractères coûte de l'ordre de 30 000 €.



Exemple de tri-feu









Exemple de plaque décamétrique

PANNEAUX DE SIGNALISATION

Les panneaux ci-après sont issus du Code Européen des Voies de Navigation Intérieure (CEVNI), sauf indication contraire signalée dans les commentaires.

Signalisation du rectangle de navigation

C.1	La profondeur d'eau est limitée		
C.2	La hauteur libre au-dessus du plan d'eau est limitée		
C.3	La largeur de la passe ou du chenal est limitée		

Panneaux d'interdiction d'accès aux personnes non autorisées (le cas échéant : piétons, deux-roues, sports nautiques...) ;

A.13 Navigation interdite à toutes les embarcations de sport ou de plaisance



Pas de panneaux CEVNI équivalents aux panneaux B9a (accès interdit aux piétons) et B9b (accès interdit aux cycles) du code de la route : les panneaux B9a et B9b peuvent être utilisés.



Panneaux d'interdiction aux embarcations non autorisées (le cas échéant : TMD, transport de passagers...) ;

Pas de panneaux CEVNI d'interdiction du transport de marchandises dangereuses : une combinaison du panneau A.13 avec les pictogrammes (cônes bleus) de la série de panneaux E.5.5 à E.5.15 (art. 3.14 CEVNI) est envisageable.



Pas de panneaux CEVNI d'interdiction du transport de passagers : un panneau du type de celui introduit par la province de Venise (ci-contre), sans nécessairement de spécification de longueur, est envisageable.



Panneau d'interdiction de demi-tour, placé aux têtes et en gare centrale avec rappel tous les 800 m en section courante

A.8 Interdiction de virer
(voir article 6.13)



Panneau d'indication de vitesses limites (mini / maxi), placé aux têtes

B.6 Obligation de respecter la limite
de vitesse indiquée (en km/h)

Pour une indication de vitesse minimale à respecter,
un cartouche du type de ceux des signaux auxiliaires
(annexe 7 section II du CEVNI) avec la mention
« MINIMUM » est envisageable

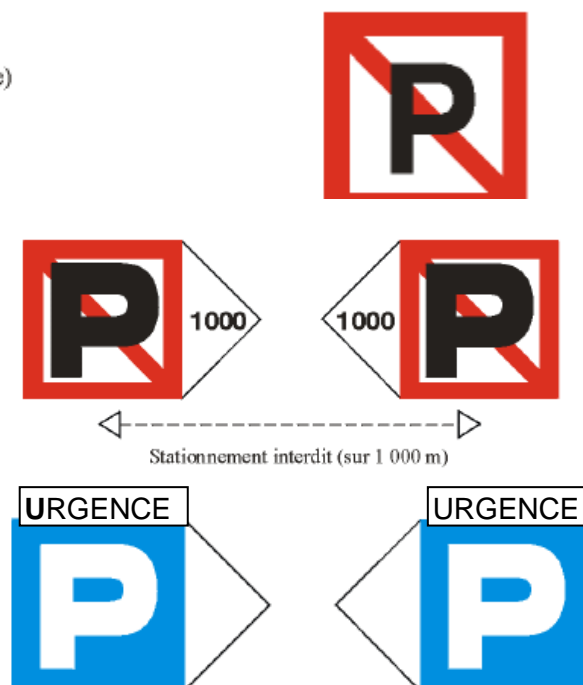


Panneaux d'interdiction d'arrêt en tunnel placés aux têtes avec rappel tous les 800 m en section courante et de signalisation des zones d'arrêt d'urgence

A.5 Interdiction de stationner
(c'est-à-dire d'ancrer ou de s'amarrer à la rive)
(voir article 7.02)

En complément, un cartouche
(annexe 7 section II du CEVNI)
portant la mention « PAS
D'ARRÊT » est envisageable

Pas de panneau CEVNI de
signalisation de zone d'arrêt
d'urgence. Une signalisation
d'autorisation de stationner
(panneau CEVNI E.5) avec un
cartouche portant la mention
« URGENCE » est envisageable

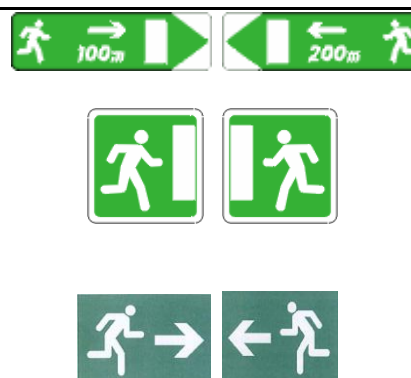


Panneaux de signalisation des issues

Pas de panneau CEVNI. Le recours aux
panneaux Dp2a/Dp2b (indication de distance)
et CE30a/CE30b (indication d'emplacement) du
code de la route est envisageable.

Des variations sont possibles en s'inspirant des
normes NF X-08-003-1 et NF X-08-003-3 qui
concernent les symboles graphiques, les couleurs
et les signaux visuels de sécurité.

Il est aussi possible de ne pas faire figurer la
symbolique de la porte si la sortie se fait via les
têtes, donc uniquement le personnage sur fond
vert.



Panneaux de signalisation des postes d'appel d'urgence

Pas de panneau CEVNI. Le recours aux panneaux Dp1a et Dp1b (indication de distance) et M9 (indication d'emplacement) du code de la route est envisageable



Plaques de jalonnement décamétriques

Elles doivent être lisibles pour une personne située sur son bateau, fixées sur le piédroit côté chemin d'évacuation et à une hauteur qui n'excède pas 1 m.

Autres panneaux d'obligation

D'autres panneaux du CEVNI peuvent présenter un intérêt pour le franchissement des tunnels :

B.7 Obligation d'émettre un signal sonore



B.11

a) Obligation d'entrer en liaison radiotéléphonique
(voir article 4.04, paragraphe 4)



b) Obligation d'entrer en liaison radiotéléphonique sur la voie indiquée sur le panneau
(voir article 4.04, paragraphe 4)



FEUX DE SIGNALISATION

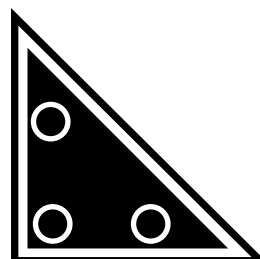
Le CEVNI définit trois types de signaux lumineux pour la gestion des interdictions et autorisations de passage. Ces signaux peuvent être utilisés aux têtes et en section courante des tunnels canaux.

A.1	Interdiction de passer (signal général) (voir articles 6.08, 6.16, 6.22, 6.22 bis, 6.25, 6.26, 6.27 et 6.28 bis)	
A.11	Interdiction de passer, mais préparez-vous à vous mettre en marche (voir articles 6.26 et 6.28 bis)	
E.1	Autorisation de passer (signal général) (voir articles 6.08, 6.16, 6.26, 6.27 et 6.28 bis)	

Plus précisément, les signaux suivants seront utilisés dans le contexte de tunnels canaux :

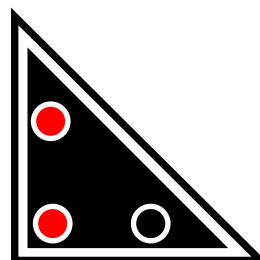
Tous les feux éteints :

Hors horaire ou défaut secteur



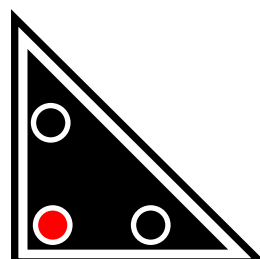
2 feux rouges superposés – « Double rouge » :

Hors service, navigation interrompue pour cause de défaut



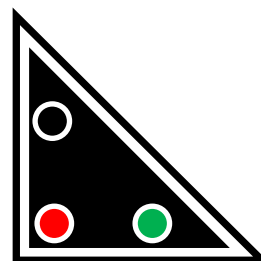
Feu rouge bas :

Tunnel en attente



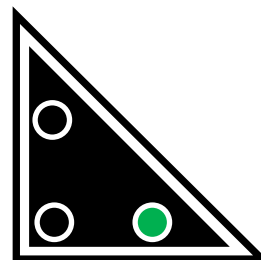
Feu rouge bas et feu vert :

Tunnel en préparation



Feu vert :

Accès au tunnel autorisé



Le CEVNI n'aborde pas les règles de conception, fabrication et installation des feux de signalisation à terre ni de leurs équipements de contrôle commande ; seuls les feux de signalisation sur les bateaux sont abordés.

Dans ces conditions, les normes de sécurité utilisées pour les feux routiers peuvent être utilisées pour les tunnels canaux. Les optiques de feux utilisées en navigation intérieure ont généralement un diamètre de 200 mm.

Le câblage et les feux de signalisation eux-mêmes ne requièrent pas de caractéristiques particulières de comportement au feu. Il est acceptable que ces feux de signalisation ne fonctionnent plus dans la zone d'élévation de température du fait de l'incendie étant donné que cette zone est enfumée et occulte les feux de toute manière. Toutefois, des précautions doivent être prises pour que la perte d'un feu n'entraîne pas de dysfonctionnement des sections de feu adjacentes et pour limiter les risques de chute des équipements accrochés à la voûte sous l'effet de la température.

PANNEAUX À MESSAGES VARIABLES (PMV)

L'utilité des PMV doit être évaluée en fonction de la nécessité d'informer les usagers sur :

- l'état du tunnel : en service ou hors service, chômage, ...
- l'état du trafic : navigation en sens inverse, délai d'attente estimé, ...
- la situation : incident, incendie, défaut éclairage, ...

Il est rappelé qu'il s'agit d'informations qui ne se substituent pas à la signalisation réglementaire de navigation.

En plus de ce type de messages préprogrammés, l'opérateur pourra renseigner manuellement un message depuis le Poste de Contrôle.

Les PMV pourront être installés en entrée d'ouvrage, voie unique extérieure ou tunnel, à proximité immédiate des feux autorisant ou non l'entrée dans l'ouvrage.

Pour les besoins de la navigation, une taille de caractères de 250 mm semble adéquate, compte tenu des distances de visibilité.

Un affichage de 3 lignes de 15 caractères minimum permet de prendre en compte la plupart des messages affichés, et ce dans plusieurs langues.

Une intervention de maintenance corrective sera faite en cas de détection d'un défaut électrique sur l'équipement.



Exemple de PMV (tunnel routier)

ANNEXE 7 – Éclairage et plots de balisage lumineux

Fonction à assurer :

Faciliter l'évacuation des usagers en cas d'incendie ou de présence de fumée dans l'ouvrage.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Dossier pilote des tunnels du CETU : 4.2 Éclairage

Note d'information du CETU n°19 de janvier 2011 : Éclairage des tunnels par LED

Les luminaires doivent être conformes aux normes en vigueur et notamment :

- NF C 20-010 (NF EN 60529) « Degrés de protection procurés par les enveloppes »
- NF C 63-300 (NF EN 60309-1) « Prise de courant pour usages industriels »
- NF C 71-000 (NF EN 60598-1) « Luminaires – partie 1 : prescriptions générales et essais »
- NF C 71-003 (NF EN 60598-2-3) « Luminaires – partie 2 : règles particulières – section 3 : luminaires d'éclairage public »

Dans le cadre du Comité Électrotechnique International (CEI), les luminaires de tunnels sont considérés comme devant relever de la norme NF EN 60598-2-3 (réunion de Munich du 10/05/1992).

Par ailleurs, on pourra s'inspirer de la norme NF EN 12464-2 « Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 2 : lieux de travail extérieurs ».

Maintenance :

Nettoyage à l'eau, sous haute pression.

Fréquence à définir par l'exploitant en fonction de l'encrassement.

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Le prix d'un plot de jalonnement et de son support (hors câbles d'alimentation) est de l'ordre de 250 €.

Le coût d'un luminaire varie selon sa puissance et sa technologie. Les prix suivants incluent la fourniture et la pose d'un appareil complet :

- pour un luminaire de type sodium haute pression : entre 600 € et 900 €,
- pour un luminaire de type LED : entre 1 200 € et 1 600 €.

Une boîte de raccordement ou de dérivation résistante au feu coûte entre 190 à 220 € et un câble résistant au feu entre 8 à 23 €/m suivant la section

TECHNOLOGIE DE BALISAGE

Les plots de balisage se présentent sous forme de bloc biface dont chaque face est équipée de diodes électroluminescentes (LED) haute intensité. Le faisceau lumineux émis par les diodes est légèrement incliné de façon à permettre une meilleure visualisation du plot par un usager.

Les plots peuvent être alimentés en 24 V AC ou en 220 V AC avec transformateur (les LED étant alimentées en 24 AC).

La durée de vie des diodes est très longue (environ 200 000 heures) et supprime donc pendant des années le remplacement des lampes.

On distingue deux types de modèles de plots :

- les modèles encastrés :

Le plot est conçu de manière à ce que seules les LED dépassent du piédroit. Le boîtier d'alimentation du plot est encastré dans le piédroit du tunnel. L'avantage est une meilleure protection des installations mais l'inconvénient majeur la nécessité de réaliser une saignée dans les piédroits,

- les modèles en saillie :

La totalité du plot est en saillie (optique et boîtier d'alimentation). L'avantage par rapport à la solution encastrée est la facilité de pose du matériel.

Concernant l'alimentation des plots, elle peut se faire :

- soit par dérivation d'une ligne d'alimentation, ce qui nécessite d'associer chaque plot à une boîte de dérivation ;
- soit en guirlande, la ligne d'alimentation est alors interrompue au niveau de chaque plot.

La différence réside dans le fait que dans le premier cas un seul câble débouchera sur le plot (câble de dérivation) et dans le second deux câbles déboucheront sur le plot (ligne d'alimentation entrante ou sortante).

Concernant les matériaux constituant les plots, ils doivent être M1, c'est l'unique contrainte.

MISE EN ŒUVRE DU BALISAGE

Les plots de balisage lumineux sont placés à 1 mètre de hauteur environ sur chaque piédroit et tous les 10 mètres environ. Ils sont allumés en permanence ou uniquement lorsqu'un bateau est présent dans le tunnel. En cas d'évacuation, les plots sont allumés systématiquement.

Les plots de balisage lumineux doivent être alimentés selon un principe de cantonnement. La longueur des cantons ne doit pas excéder 100 m environ. Les cantons seront alimentés directement depuis les locaux techniques ou depuis des coffrets divisionnaires implantés dans l'ouvrage.

ECLAIRAGE

Généralités

L'éclairage d'un ouvrage peut être divisé en deux fonctions :

- un éclairage normal : Il s'agit d'un éclairage de confort pour les usagers, bateliers ou piétons, le personnel de maintenance, éclairant principalement le cheminement d'évacuation,
- un éclairage de sécurité : Il doit assurer un éclairage minimum, en particulier sur le cheminement d'évacuation, pour permettre l'évacuation des usagers, y compris en cas d'incendie ou de perte d'alimentation EDF. En cas d'incendie, cet éclairage doit fonctionner pendant au minimum le temps nécessaire à l'évacuation des usagers sans excéder deux heures.

Performances

La performance de l'éclairage d'un tunnel est généralement qualifiée par deux grandeurs :

- la luminance (candela/m^2 : cd/m^2) : traduit la luminosité d'une petite surface regardée dans une direction donnée par l'œil humain. Dépend des conditions d'éclairement de cette surface et des caractéristiques propres de réflexion de la surface,
- l'éclairement (lux) : quotient du flux lumineux reçu sur un élément de surface par l'aire de cet élément.

La performance d'éclairage est dimensionnée en référence à la luminance exprimée en cd/m^2 . Par contre, une installation d'éclairage se caractérise par un niveau d'éclairement exprimé en lux.

Le dossier pilote 4.2 du CETU « Éclairage » pour des tunnels routiers donne plus de précisions sur ces notions.

En pratique, les niveaux d'éclairement sont modélisés par logiciel en fonction de la nature de la source lumineuse, de leur implantation, des revêtements et de l'angle d'observation.

Suivant la largeur de l'ouvrage à éclairer, l'éclairage sera composé au minimum d'un éclairage de sécurité et éventuellement d'un éclairage normal d'exploitation. En l'absence de la source normale d'alimentation électrique, l'éclairage de sécurité assurera un niveau minimum d'éclairement comme défini ci-après.

Il est proposé de retenir les performances suivantes pour les tunnels canaux :

- éclairage normal : 6 lux moyen, 1,4 lux en tout point,
- éclairage de sécurité : 2 lux moyen 1,4 lux en tout point.

Uniformité de l'éclairage

L'uniformité de l'éclairage peut être exprimée en luminance ou en éclairement, mesurée transversalement et longitudinalement à l'axe de circulation.

L'uniformité longitudinale ou transversale est le quotient de la valeur la plus basse et la plus haute mesurées suivant l'axe considéré.

On parle d'uniformité générale (pour la luminance seulement) pour le quotient entre la luminance minimale d'une zone et la luminance moyenne sur cette même zone.

On pourra retenir comme suffisant pour l'éclairage d'exploitation d'un tunnel canal une uniformité longitudinale de 0,5 et une uniformité générale de 0,4, étant donné la faible vitesse de déplacement des bateaux. Cela peut donc impliquer pour l'exploitation, l'implantation de luminaires complémentaires de l'éclairage de sécurité, pour des raisons d'uniformité d'éclairage. Ces luminaires complémentaires ne seraient pas secourus.

Architecture

L'architecture de la distribution électrique de l'éclairage permettra de répondre au besoin de cantonnement demandé pour qu'un défaut unique ne perturbe pas une trop grande zone du tunnel.

Ce cantonnement sera de :

- 100m pour l'éclairage de sécurité,
- 500m environ pour l'éclairage normal, à adapter en fonction de l'interdistance minimale imposée entre deux embarcations.

Pour réaliser cet objectif de cantonnement, diverses solutions techniques peuvent être envisagées :

- mise en place de câbles résistants 2h au feu (type CR1 C1),
- utilisation de cheminements protégés (ex. cheminement sous l'eau, derrière un piédroit, sous une corniche ...),
- réalisation d'une architecture en anneau physique,
- mise en place d'une architecture par cantonnement.

Commande de l'éclairage

La commande de l'éclairage sera à définir précisément avec l'exploitant du tunnel. On peut toutefois déjà définir les principes suivants :

L'éclairage du tunnel fonctionnera selon plusieurs modes :

- un mode automatique :

Dans ce mode, actionné par défaut, le système peut faire fonctionner l'éclairage selon différentes stratégies et, notamment, dans l'ordre décroissant en termes de consommation d'énergie :

- éclairage allumé en permanence,
- éclairage allumé uniquement lorsqu'une embarcation est présente dans le tunnel,
- éclairage allumé uniquement sur le canton où est présente une embarcation (principe du chenillard).

Dans tous les cas, l'ensemble de l'éclairage doit pouvoir être allumé en cas d'incident.

Le choix entre les différentes solutions doit être fait en fonction du trafic à l'intérieur du tunnel, en tenant compte du fait que la répétition d'allumage/extinction réduit la durée de vie de certaines sources lumineuses, notamment les sources SHP (Sodium Haute Pression) ;

- mode manuel :

L'opérateur présent au poste de contrôle pourra en permanence prendre la main sur le système d'éclairage et allumer ou éteindre tout ou partie des cantons, indépendamment de l'état du trafic ;

- mode local :

Ce mode sera réservé et accessible uniquement aux agents de maintenance pour faciliter les interventions en local technique ou sur la banquette.

Spécifications techniques

Du fait du fort taux d'hygrométrie régnant dans les tunnels fluviaux, tous les appareils d'éclairage seront du type étanche (IP 66).

Les luminaires devront être conçus de manière à faciliter les opérations d'entretien, notamment le remplacement de sources ou autres équipements du luminaire.

Comparatif LED/SHP/Néon

En 2012, la technologie LED est encore en cours de maturation et ne dispose pas du retour d'expérience des solutions classiques type sodium haute pression ou tubes fluorescents.

On peut néanmoins dresser un premier comparatif, à titre indicatif.

	LED	Tubes fluorescents	Sodium haute pression (SHP)
Durée de vie*	50 000h	24 000h	16 000h
Sensible aux commutations	Non	Oui	Oui
Température de couleur	Froide	Chaude	Chaude
Efficacité lumineuse	70 lm/W	75 lm/W	106 lm/W
Coût d'investissement par luminaire	1200€ - 1600€	600€ - 800€	700€ - 900€

**Durée à l'issue de laquelle 70% du flux initial est encore disponible.*

Il faut également noter que l'efficacité lumineuse est à peu près identique entre les technologies, c'est-à-dire que des luminaires de même puissance seront mis en place pour obtenir un éclairage identique.

Concernant les éventuelles économies d'énergie qui pourraient être réalisées par l'installation d'éclairage à LED, il convient de noter qu'il s'agit d'une technologie récente dans le contexte de tunnels, donc ne permettant pas la vérification de toutes les informations des fournisseurs, mais cependant en progrès technique constant avec des performances sans cesse améliorées.

À l'heure actuelle, les produits à LED présentent une efficacité lumineuse se rapprochant de plus en plus des sources classiques et rendent possible la variation de courant d'alimentation pour réaliser des économies d'énergie à puissance installée égale. Les LED présentent

également un facteur de maintenance annoncé plus intéressant que les sources classiques. Il reste encore des points difficilement vérifiables, notamment la durée de vie de ces équipements et leur tenue dans le temps.

En prévision des progrès rapides constatés pour cette technologie, dans le cas où cette technologie paraîtrait envisageable, il conviendra de réaliser pour chaque projet une étude comparative détaillée pour chacune des solutions, faisant notamment apparaître les contraintes en termes :

- technique (respect des niveaux attendus, uniformité, contraintes chromatiques ...),
- de coûts d'investissements,
- de coûts de fonctionnement, y compris coûts de maintenance et de régénération.

ECLAIRAGE RENFORCE AUX TETES

Dans les tunnels routiers, un éclairage de renforcement est prévu aux têtes sur une longueur permettant une adaptation de l'œil humain à la transition clair/sombre. En tunnel canal, ce dispositif n'est pas retenu étant donné la faible vitesse d'approche des bateaux (de l'ordre de 3 à 4 km/h).



Exemple d'un tunnel routier : éclairage et plots de jalonnement (à gauche)

ANNEXE 8 – Réseau d'appel d'urgence (RAU) et postes d'appel d'urgence (PAU)

Fonction à assurer :

Émettre, à tout moment au poste de centralisation des appels (PCA), les appels des usagers en difficultés

Documents de référence donnés à titre indicatif :

- [REF. 1] : XP P99-253 - Équipements de la route - Réseaux d'appel d'urgence (RAU) - Caractéristiques techniques des postes d'appel d'urgence (PAU) et postes de centralisation des appels (PCA)
- [REF. 2] : NF P99-250 : Équipements de la route – Réseau d'appel d'urgence – Caractéristiques générales
- [REF. 3] : NF P99-251 : Équipements de la route – Réseau d'appel d'urgence – Aspect et dimension des postes d'appel d'urgence
- [REF. 4] : NF P99-254 - Équipements de la route - Réseaux d'appel d'urgence – Mise en œuvre des postes d'appels d'urgence (PAU) et poste de centralisation des appels (PCA)
- [REF. 5] : NF P99-252 - Équipements de la route - Réseaux d'appel d'urgence - Principes de maintenance
- [REF. 6] : 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
- [REF. 7] : Directive 2004/54/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen

Maintenance :

Nettoyage de l'enveloppe tous les 6 mois (selon prescription du fournisseur : ex. avec eau savonneuse).

Intervention de maintenance corrective en cas de détection de défaut électrique sur l'équipement dans un délai compatible avec l'autonomie minimale de fonctionnement.

Coût d'installation *(donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :*

Un poste d'appel d'urgence routier coûte de l'ordre de 10 000 €.

Un poste d'interphonie sur IP coûte de l'ordre de 5 000 €.

PREAMBULE

Il n'y a pas de texte réglementaire ou normatif spécifique aux PAU et RAU en tunnels canaux. Plusieurs documents de référence décrivent diverses caractéristiques relatives à ce matériel. Les éléments ci-après extraits de ces prescriptions permettent de déterminer des dispositions acceptées dans des domaines comportant certaines analogies avec les tunnels canaux.

Il est proposé de choisir une conception combinant les dispositions les plus favorables à la sécurité des exemples ci-après et, lorsque ce n'est pas le cas, de le justifier par les contraintes propres à l'ouvrage.

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

Structure

Un réseau d'appel d'urgence est constitué de :

- un poste de réception, situé au poste de contrôle,
- un certain nombre de PAU, installés le long du cheminement,
- un ou plusieurs supports de transmission reliant les PAU au poste de réception.

Ces équipements doivent être assemblés en réseau selon les règles d'ingénieries propres aux installations de télécommunication.

Fonctionnalités/Performances

Ce sont les suivantes :

- l'échange des messages phoniques en duplex (bilatéral, simultané) entre l'utilisateur appelant et l'opérateur est requis,
- l'appel d'urgence d'un usager doit être localisé, sans que celui n'ait besoin de fournir des indications,
- l'opérateur au PCC doit pouvoir émettre des appels vers un poste ou vers l'ensemble des postes (fonction d'appel général dite « broadcast »),
- les PAU doivent être adaptés aux malentendants, avec des fonctions de haut-parleur, de filtre auditifs, ...
- la disponibilité du service doit être > à 98%,
- la défaillance d'un PAU ne doit pas influencer le fonctionnement des autres PAU,
- la défaillance en un point du réseau ne doit pas avoir d'influence sur le fonctionnement global du RAU,
- la pérennité et l'évolution du réseau doivent être assurées,
- le PAU doit pouvoir à tout moment, dans un délai inférieur à 5 s, émettre les appels,
- le PAU doit pouvoir prendre en compte dans un délai inférieur à 15 s un appel de l'opérateur arrivé au PAU.

Mise en œuvre

Les conditions d'environnement auxquelles est soumis le RAU doivent être préalablement étudiées afin de déterminer les conditions de protections requises : environnement physique (génie civile,...), environnement électromagnétique (lignes énergie, ...), risque de surtension (foudre, ...).

Les équipements doivent être mis hors de danger, c'est-à-dire prendre les dispositions nécessaires pour supprimer ou minimiser les conséquences d'une dégradation de l'installation, d'une panne ou d'un accident affectant la sécurité des personnes et des biens (danger électrique, obstacle sur le cheminement) ;

Pour le PCA, une alimentation de secours doit assurer la continuité du fonctionnement du réseau avec une autonomie minimale de 4h ininterrompues.

Le PCA et PAU doivent être protégés contre les effets de la foudre, assurer la sécurité électrique et la compatibilité électromagnétique.

Le RAU doit être contrôlé afin de vérifier sa capacité à satisfaire les exigences fonctionnelles générales et le respect des spécifications particulières normatives.

Fonctions complémentaires

Le RAU doit comporter des fonctions complémentaires d'aide à la maintenance et à l'exploitation qui permettent au moins les fonctions de test de fonctionnement (automatique ou manuel) déclenchant en cas de défaut des alarmes.

Le RAU pourra communiquer avec d'autres systèmes afin de mettre en œuvre certains scénarii pour assister l'opérateur, par exemple :

- prépositionnement d'une caméra sur le PAU en cas de décroché PAU,
- affichage des PAU en service sur le synoptique GTC.

Raccordement

Le raccordement des équipements (RAU, PAU) s'effectue, en général, par liaison filaire.

Aucune imposition ne sera faite sur le protocole ou le support de transmission, dès lors que ses caractéristiques permettront de répondre aux exigences techniques précédentes.

Aspect et dimensions des postes d'appel d'urgence

Des PAU, dits « PAU mini », sont tolérés dans les souterrains en position murale, lorsque l'espace disponible n'est pas compatible avec le corps de « poste réduit » (poste en espace restreint). Aucune mesure d'installation spécifique n'est demandée pour les PAU mini.

L'homogénéité et visibilité des corps doivent être respectées.

Exemples de poste d'appel d'urgence en milieu routier



Exemple de poste IP industriel



ANNEXE 9 – Lutte incendie

Fonction à assurer :

Disponibilité en eau pour intervention des services de secours

Documents de référence donnés à titre indicatif :

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

Fascicule 71 - C.C.T.G., Fourniture et pose de canalisations d'eau, accessoires et branchements

NF EN ISO 6708 décembre 1995 : Composants de réseau de tuyauteries - Définition et sélection des DN (diamètre nominal)

NF S62-200 septembre 1990 : Matériel de lutte contre l'incendie - Poteaux et bouches d'incendie - Règles d'installation

NF S61-211 1990-04 Matériel de secours et de lutte contre l'incendie - Bouche d'incendie incongelable de 100 – Spécifications

Maintenance :

Vérification périodique des systèmes mécaniques (tous les 6 mois à un an) et électromécaniques (une à deux fois par mois).

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Les coûts d'installation et d'exploitation sont variables en fonction des choix techniques retenus pour l'alimentation de la conduite d'eau incendie (voir chapitre ci-après). En ce qui concerne les coûts des éléments principaux, on peut citer les ordres de grandeur suivants :

Canalisation de 150 mm de diamètre : 150 à 250 €/m selon matériaux (fonte, inox,...) et hors génie civil en cas d'encastrement dans la banquette.

Poteau incendie : 3 000 €

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

Les prescriptions techniques fournies ci-dessous correspondent à ce qui se fait dans les tunnels routiers. Elles sont données à titre indicatif puisque la mise en place d'un réseau d'eau incendie en tunnel canal n'est pas préconisée.

Généralités

Les réseaux incendie desservant les têtes ou l'intérieur du tunnel doivent délivrer une pression sur un poteau incendie comprise entre 0,3 et 0,6 MPa (3 à 6 bars)⁷. Le débit à la sortie d'un point d'eau sera de 60 m³/h (soit ≈17 l/s). Deux points d'eau doivent pouvoir être utilisés simultanément, soit 120 m³/h.

Lorsque des surpresseurs sont installés, le débit requis doit pouvoir être obtenu en cas de panne de l'un d'entre eux.

Hypothèses pour le dimensionnement

Pour dimensionner ce type d'installation, il convient de tenir compte de la différence altimétrique et des pertes de charge dans la canalisation et les différents organes (vannes, disconnecteurs...).

Canalisation

Si des canalisations d'eau sont prévues dans l'ouvrage, elles devront être efficacement protégées contre les chocs, les effets de la corrosion et éventuellement contre les risques de gel, et également des effets d'un feu.

Dans le cas d'un tunnel canal, elles pourront par exemple être installées dans le lit du canal avec des remontés ponctuelles pour alimenter les poteaux « incendie » ou les nourrices « incendie ».

Suivant la configuration du réseau d'eau incendie retenue, il sera nécessaire de mettre en œuvre des dispositions permettant d'éviter ou de minimiser les coups de bélier créés par la station de surpression ou la fermeture d'une vanne ¼ de tour.

En cas de raccordement au réseau d'eau de ville, les canalisations incendie doivent être équipées d'un disconnecteur.

⁷ En tunnel routier, l'objectif est de 0,6 MPa avec une tolérance entre 0,4 et 0,8 MPa, si le tunnel est en pente, ce qui n'est pas le cas des tunnels canaux.

Alimentation de la conduite incendie

L'alimentation de la conduite incendie en tunnel pourra s'effectuer de différentes solutions :

- alimentation par un réservoir situé à une côte altimétrique ne nécessitant pas de station de surpression. Dans ce cas, le remplissage du réservoir incendie pourra se faire soit par pompage dans le canal, soit depuis le réseau d'eau communale,
- alimentation par l'eau du canal soit par des pompes amenées par les pompiers ou mises à disposition de ceux-ci,
- alimentation par une station de surpression permettant d'assurer le débit et la pression requis,
- alimentation directe depuis le réseau communal si le débit et la pression de ce dernier sont suffisants.

Dans le cas d'une nécessité de station de surpression, une redondance des équipements doit être prévue. Par exemple, en tunnel routier, les surpresseurs sont couramment constitués de plusieurs pompes montées en parallèle entre deux collecteurs et d'une pompe jockey assurant le maintien en pression des conduites « incendie ». Une des pompes est en stand-by et vient suppléer la défaillance d'une des autres pompes. Un système assure la permutation automatique de ces pompes.

Cette station de surpression doit être intégrée dans un local protégé contre le risque de gel.

Poteaux incendie extérieurs au tunnel

Les poteaux « incendie » extérieurs au tunnel peuvent être du type « choc » à purge automatique.

Moyens mobiles de pompage et de lutte incendie

Si le choix de matériel mobile se porte sur des motopompes, elles délivreront un débit de 60 m³/h minimum avec une pression de 3 à 6 bar efficaces (à proximité des têtes).

ANNEXE 10 – Radiotransmissions

Fonction à assurer :

Communications bidirectionnelles pour les tunnels de classe 3 concernant :

- deux mobiles en tunnel,
- un mobile en tunnel et une station extérieure (PC exploitant, caserne de pompiers...).

Ces utilisateurs potentiels des radiotransmissions doivent pouvoir utiliser leur matériel habituel. Parmi les fréquences à retransmettre, on peut citer :

Réseaux analogiques :

150 MHz (VHF) pour l'exploitant et les usagers.

80 MHz (VHF) pour certains SDIS.

450 MHz (UHF) pour d'autres SDIS, par exemple en Ile de France (BSPP).

Réseaux numériques (INPT – Infrastructure National Partageable des Transmissions) :

La bande 380 à 400 MHz (UHF) pour le réseau ACROPOL du Ministère de l'Intérieur et ANTARES qui est le réseau des Pompiers.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

- [REF. 1] : 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
- [REF. 2] : Textes réglementaires de l'A.R.T. Autorité de Régulation des Télécommunications et A.N.F.R. Agence National des Fréquences
- [REF. 3] : Normes ETS notamment la norme 3000086 et 300113 (Radiotéléphones analogiques), Normes TETRAPOL pour les réseaux numériques RUBIS, ANTARES et ACROPOL
- [REF. 4] : Conformité CE des matériels
- [REF. 5] : Décret n°2006-106 du 3 février 2006 relatif à l'interopérabilité des réseaux de communications radioélectriques des services publics qui concourent aux missions de sécurité civile
- [REF. 6] : Décret n°2006-165 du 10 février 2006 relatif aux communications radioélectriques des services de secours en opération dans les ouvrages routiers, ferroviaires ou fluviaux ou dans certaines catégories d'établissements recevant du public et modifiant le code de la construction et de l'habitation

- [REF. 7] : Arrêté du 10 novembre 2008 portant définition des références techniques relatives à la continuité des radiocommunications dans les tunnels routiers, ferroviaires et fluviaux pour les services publics qui concourent aux missions de sécurité civile
- [REF. 8] : La loi de modernisation de la sécurité civile n°2004-811 du 13 août 2004.
- [REF. 9] : CETMEF - Étude relative à la « Transmission en tunnels canaux – Détection de passage et localisation des bateaux » - Décembre 2010
- [REF. 10] : Voies navigables de France – Instruction relative à la radiocommunication - Janvier 2011
- [REF. 11] : Voies navigables de France - Circulaire d'application relative à la mise en place et à l'utilisation des systèmes de radiocommunication - 2011
- [REF. 12] : Voies navigables de France - Guide des solutions fonctionnelles pour la radiocommunication - Juillet 2011
- [REF. 13] : Agence Nationale des Fréquences – Protocole d'accord (entre le ministère de la Défense, l'Autorité de Régulation des Télécommunications et le ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer) relatif au règlement de radiocommunication – Décembre 2002

Maintenance :

Nettoyage du câble rayonnant :

Nettoyage à l'eau, sous haute pression. Fréquence à définir par l'exploitant en fonction de l'encrassement.

Entretien des équipements radio :

Il est nécessaire que l'exploitant établisse un contrat de maintenance avec une entreprise spécialisée pour que soient effectuées une maintenance préventive et une maintenance curative.

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Le coût d'une installation à base d'un câble rayonnant à Ruyaulcourt (4 354 m) a été de l'ordre de 650 k€ pour 3 fréquences (exploitant, nautique et services de secours) et une supervision sous IP à partir du Poste de Contrôle.

NOTIONS DE DIMENSIONNEMENT

Le raccordement des locaux radios secondaires au local radio principal de type étoile présente une meilleure sécurisation en cas de rupture de fibre optique (passage des fibres optiques dans des fourreaux différents).

Une fibre optique unique exploitée en mode bidirectionnel (grâce à la technologie de multiplexage en longueur d'onde) est suffisante pour l'intégralité des communications et des informations de commande.

L'utilisation de deux fibres optiques permet de séparer la fibre dédiée aux radiocommunications et celle dédiée à la retransmission d'alarmes.

Avec un tel dispositif, il convient de prévoir une longueur limite de cantonnement de 1000 m environ en raison de l'atténuation linéique du câble rayonnant pour une retransmission des bandes de fréquence VHF et UHF jusqu'à 450 MHz. Au-delà de 500 MHz, il est en général préférable d'utiliser des antennes directives.

CABLES RAYONNANTS

Les amplis utilisés pour les câbles rayonnants se présentent sous la forme de baies au format standard 19'' (les répéteurs installés à l'extérieur du tunnel sont plus volumineux). Ils peuvent être installés dans un coffret présentant une protection contre le feu.

Les câbles sont posés par cantons. L'atténuation au-delà de l'extrémité d'un canton est très forte, de sorte que ces cantons successifs doivent être adjacents.

Les tronçons de câble rayonnant n'ont pas besoin d'être en recouvrement. Une distance de quelques mètres entre chacune des deux extrémités permet d'obtenir une continuité du champ radioélectrique diffusé.

Les câbles rayonnants et leurs amplis devront répondre aux fonctionnalités suivantes :

- isolation automatique en cas de défaut, par exemple par un dispositif de protection au niveau de l'ampli. Ainsi, la destruction ponctuelle d'un canton de câble rayonnant conduit à rendre l'intégralité du canton inopérant,
- détection de défaut automatique pour chaque tronçon,
- l'état de l'installation sera visualisable directement depuis le PCC.

La possibilité de redondance entre équipements actifs sera étudiée, par exemple en raccordant deux câbles rayonnants adjacents ou en prévoyant une redondance des amplificateurs.

En pratique, à 450 MHz la limite pour une retransmission nominale (95% des emplacements 95% du temps) est de l'ordre de 1000 m (y compris longueur du câble coaxial de liaison entre ampli et câble rayonnant).

Les câbles rayonnants ne résistent pas aux incendies. Il en va de même pour les câbles coaxiaux de liaison aux amplis. Par conséquent :

- la conception doit prendre en compte, par un cantonnement, la perte d'un tronçon en cas d'incendie sans perturber la retransmission dans le reste de l'ouvrage,
- les cheminements des câbles coaxiaux doivent être protégés autant que possible.

Le contrôle du bon fonctionnement de l'installation peut être effectué régulièrement par l'exploitant depuis le terrain en liaison avec le PC. Pour les fréquences des exploitants au PCC (ou les pompiers), il est possible d'utiliser une borne répondeuse interrogeable à distance par le service d'exploitation (ou de secours).

En cas de dysfonctionnement de l'installation, une astreinte de remise en service (par exemple en 24h hors week-end) peut être prévue dans un contrat de maintenance. En l'absence d'une telle clause de maintenance, il convient d'avertir les services de secours du dysfonctionnement et d'adapter l'exploitation en tenant compte du fait que d'autres dispositifs peuvent assurer une redondance partielle des fonctions dévolues au système de radiocommunication (postes d'appel d'urgence, interphone, prises pour téléphones dits « de campagne »...).

ANTENNES

L'évolutivité des installations avec antennes n'est pas très bonne. La multiplication des fréquences retransmises augmente sensiblement la complexité et le coût de ces installations, qui restent économiques pour une ou deux fréquences retransmises.

L'atténuation de ce système est forte pour des fréquences inférieures à 150 MHz. Des fréquences de 80 MHz utilisées par certains services de secours ne peuvent être efficacement retransmises. Des essais de la Ville de Paris ont permis de constater une transmission correcte jusqu'à 1 km de portée en tunnel libre pour des fréquences de 150 et 400 MHz (tunnel Bastille de 16 mètres de largeur).

Contrairement aux câbles rayonnants, la transmission par antenne est sujette à une atténuation significative au droit des péniches par l'effet de masque qu'elles occasionnent. Il peut donc être nécessaire de s'assurer que les conditions d'exploitation maintiennent un espacement entre deux bateaux compatible avec l'implantation des bornes, de sorte qu'il y ait en permanence au moins une borne entre deux bateaux, faute de quoi il peut y avoir d'importantes zones d'ombre.

RETRANSMISSION GSM

Aucune retransmission GSM ne sera requise par VNF dans les tunnels canaux.

RETRANSMISSION FM

Aucune retransmission GSM ne sera requise par VNF dans les tunnels canaux.

ANNEXE 11 – Vidéosurveillance

Fonction à assurer :

Surveiller l'intérieur et les abords des ouvrages.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Dossier pilote du CETU : 4.5 Exploitation

Voies navigables de France - Circulaire pour l'utilisation de systèmes vidéo dans l'exploitation des ouvrages – Avril 2006

Maintenance :

Le nettoyage des caméras ne nécessite aucune qualification. Pour le téléréglage des caméras ou la programmation de la matrice, l'emploi d'un technicien formé et qualifié est requis.

Nettoyage des boîtiers de caméra, tous les ans.

Téléréglage des caméras, vérification préventive une fois par an.

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Caméra mobile avec zoom	2 800 €
Caméra téléréglable	1 500 €
Coffret de caméra avec transmetteur optique	1 400 €
Récepteur optique	1 000 €
Multiplexeur ou Démultiplexeur avec data 16V	13 000 €
Multiplexeur ou Démultiplexeur simple 16V	8 000 €
Distributeur 16Voies	450 €
Matrice 96 Entrées	26 000 €
Moniteur vidéo 19 pouces	450 €
Enregistreur 9 Entrées 600Go	5 400 €



Exemple de caméra mobile

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

En fonction du type de l'ouvrage, il est préconisé une vidéosurveillance (voir FRT).

En fonction des caractéristiques d'environnement, il est possible de créer une architecture de réseau de vidéosurveillance de différentes manières de sorte à minimiser les coûts d'investissement et d'exploitation.

Pour tous les tunnels faisant l'objet d'une surveillance, il conviendrait de prévoir :

- une caméra mobile avec zoom à chaque entrée du tunnel ;
- les caméras à l'intérieur de l'ouvrage devront couvrir l'ensemble de celui-ci, ainsi que des points stratégiques (galerie d'évacuation, niche de sécurité ...). La possibilité d'effectuer des télé réglages sur des caméras à distance devra être étudiée ;
- alimentation sur réseau secouru sans interruption.

En cas de prises de vues de nuit en extérieur, notamment en hiver lorsqu'il fait nuit pendant les horaires d'exploitation de l'ouvrage, les caméras de vidéosurveillance devront être équipées de dispositifs permettant de remplir cette fonction.

Pour les tunnels de petite longueur, inférieure à 300 m :

Le rapatriement des informations entre la caméra et le multiplexeur pourra se faire en câble coaxial (diminution des coûts d'investissement).

Pour les tunnels dont la longueur est supérieure à 300 m :

Le rapatriement des informations entre la caméra et le multiplexeur se fera en fibre optique, pour se faire on utilisera un coffret, au droit de chaque caméra, équipé d'un transmetteur optique (et éventuellement d'un récepteur data pour le télé réglage)

GESTION DES DONNEES

L'ensemble des images sera rapatrié au PCC.

En fonction du nombre de caméras et du choix des fonctionnalités à apporter au système, il est tout à fait possible d'utiliser un moniteur par camera, si le nombre de ces dernières reste raisonnable.

L'opérateur disposera de l'ensemble du matériel nécessaire à la manipulation des caméras : Rotation, zoom, prépositionnement.

Il est possible d'enregistrer des séquences « vidéo ». La durée de sauvegarde des images doit être au moins de deux semaines

CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

La mise en place d'un système de vidéosurveillance et l'enregistrement d'images nécessite une déclaration en préfecture.

Des panneaux réglementaires mentionnant la présence de vidéosurveillance sur le site devront être installés au niveau de chaque accès principal.

ANNEXE 12 – Détection des bateaux

Fonction à assurer :

Détecter le passage d'une embarcation en différents points du tunnel et des voies uniques

Déterminer le sens ou la vitesse de passage d'une embarcation sur ces zones

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Maintenance :

Selon le type de technologie installée.

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Capteur ultra-son	300 €
Cellule photoélectrique	500 €
Cellule scanner laser	5 000 €

OBJECTIFS

La notion d'interdistance mise en place pour garantir la sécurité des embarcations en cas d'incendie implique de connaître la position de chaque embarcation au sein de l'ouvrage afin de gérer la signalisation dynamique du tunnel.

La détection d'embarcations est également importante pour d'autres systèmes selon les modes de fonctionnement retenus et notamment :

- la ventilation : Choix des scénarios,
- l'éclairage : Fonctionnement en chenillard.

CONTRAINTES

Les détecteurs d'embarcations devront respecter les spécifications suivantes :

- détection du sens des embarcations, car les bateaux ont la possibilité de faire marche arrière dans l'ouvrage, ce qui peut perturber les algorithmes de suivi,
- limitation du matériel non accessible depuis les cheminements piétons, par exemple des réflecteurs sur un piédroit sans banquette. En cas d'implantation au niveau de la banquette, il conviendra de prendre en compte la structure de la banquette afin de ne pas perturber la navigation ou la circulation des piétons sur la banquette,
- détection de tous types de matériaux dont peuvent être faits les embarcations : métal, polyester, bois, ...
- les capteurs devront être adaptés à fonctionner dans un milieu dont l'humidité est proche de 100%.



Exemple de capteur ultra-sons



Exemple de cellule photo-électrique

COMPARAISON DES TECHNOLOGIES

	Capteur ultra-son	Cellule photoélectrique	Scanner laser
Détection matériau	Tous	Tous	Tous
Portée	Limitée	>10m	>10m
Mesure du sens	En doublant les capteurs	En doublant les capteurs	Oui
Prix	Faible	Faible	Très élevé
Autres		Nécessite un récepteur sur le piédroit opposé à l'émetteur.	Possibilité de créer des zones de détection



Exemple de scanner laser

ANNEXE 13 – Ventilation

Fonction à assurer :

Maîtriser le déplacement des fumées en cas d'incendie ;

Fournir un apport en air frais.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Dossier pilote du CETU : ventilation (Novembre 2003)

Prescriptions techniques :

Étude aéraulique pour les scénarios de référence déterminés dans l'analyse de risques propre au tunnel.

Maintenance :

Programme de maintenance du fournisseur des appareils de ventilation.

Coût d'installation *(donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :*

Très variable en fonction de l'installation

VENTILATION DE DESENFUMAGE

L'objectif de la ventilation de désenfumage est de contrôler le déplacement des fumées produites par un incendie afin de faciliter l'évacuation des usagers vers un lieu sûr (issue vers l'extérieur ou local alimenté en air sain), ainsi que l'accès des secours.

Le choix d'un tel système est donc étroitement lié au mode d'exploitation de l'ouvrage et aux stratégies retenues pour la mise en sécurité des personnes.

Outre la géométrie de l'ouvrage, le dimensionnement d'un système de ventilation mécanisée (puits de ventilation, accélérateurs, etc.) doit tenir compte des effets suivants :

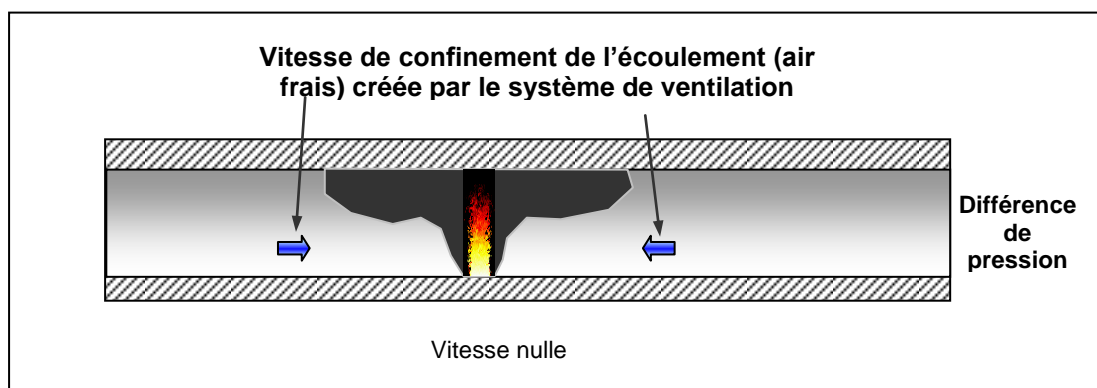
- la présence de bateaux en mouvement dans l'ouvrage créant un effet de pistonnement ;
- les conditions atmosphériques extérieures se traduisant par une différence de pression entre les têtes du tunnel (fonction de l'orientation des vents, de la prise au vent des têtes, etc.), cette différence de pression génère un courant d'air naturel dans le tunnel dont l'effet sur le bon déroulement du désenfumage doit être pris en compte ;
- les effets thermiques générés par la présence de l'incendie (fonction de la puissance de celui-ci) ; il s'agit aussi bien de la perte de certaines machines sous l'effet de la chaleur de l'incendie que de la perte d'efficacité des ventilateurs fonctionnant dans de l'air chaud (fumées).

Pour toutes ces raisons, une étude aéraulique est indispensable pour évaluer plus efficacement les performances de désenfumage qu'il est possible d'atteindre. Cette étude est exigée pour les tunnels de classe 2b et 3.

Choix de la stratégie de désenfumage

Deux approches sont généralement utilisées :

1. Maintenir la stratification des fumées en limitant la vitesse de l'écoulement (vitesse idéalement nulle) au droit de l'incendie. Dans ces conditions, les fumées chaudes se propagent au plafond de l'ouvrage en direction des extrémités et de l'air « frais » converge en partie inférieure en direction du foyer (schéma ci-dessous).

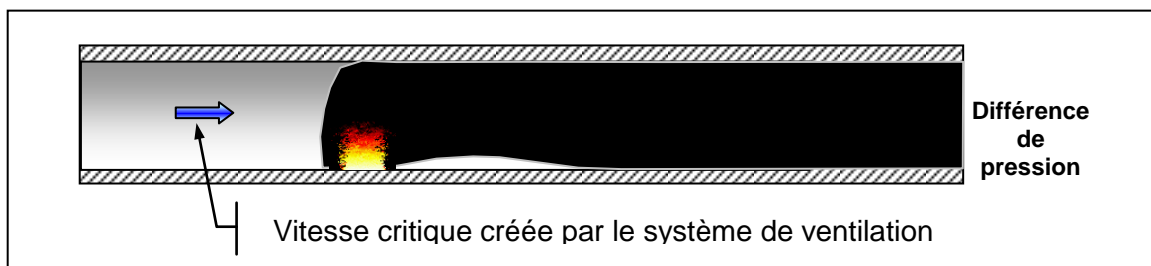


Selon le système de ventilation utilisé (extraction ou non des fumées), l'épaisseur de la couche de fumées chaudes peut augmenter au cours du temps et avec l'éloignement du foyer du fait du refroidissement des fumées. Pour éviter ce phénomène, il est préférable, notamment pour des tunnels longs, d'aspirer les fumées soit au plus proche du foyer par une gaine spécifique avec des trappes de désenfumage régulièrement réparties, soit par des puits d'extraction ponctuels.

Ce type de désenfumage transversal (aspiration des fumées par une gaine) est généralement compliqué et coûteux à mettre en œuvre dans un ouvrage existant non prévu à cet effet comme le sont les tunnels canaux. L'aspiration répartie des fumées en tunnel et leur acheminement jusqu'aux stations de désenfumage nécessitent des réseaux de gaines de ventilation dont le cheminement est encombrant et pourrait dans certains cas engager le gabarit.

2. Pousser entièrement les fumées dans une direction choisie pour créer une zone d'air frais à l'amont du courant d'air.

Il s'agit de repousser les fumées sur une distance de quelques centaines de mètres pour les évacuer par un puits (ex. extraction massive) ou une tête. Cette solution requiert des moyens mécanisés de type accélérateur et/ou puits d'extraction capables de générer un courant d'air longitudinal dans le tunnel dont la vitesse est supérieure à la vitesse critique (schéma ci-dessous).



La **vitesse dite critique** correspond à la vitesse au-delà de laquelle toutes les fumées se déplacent vers l'aval du foyer (absence de remontée de fumées à l'amont du foyer). Cette vitesse critique dépend de la puissance de l'incendie et de la géométrie du tunnel. Elle est de l'ordre de 2 m/s pour un incendie de 30 MW et de 3 à 4 m/s pour un incendie de 100 MW.

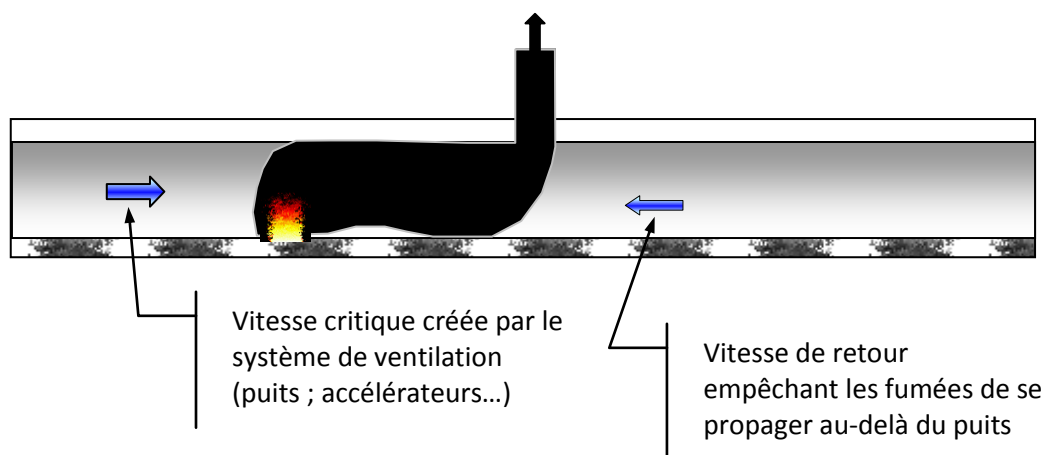
Il faut noter que cette seconde solution n'empêche pas de rechercher les conditions de stratification dans les premières minutes de l'incendie, de sorte que les usagers les plus proches du foyer en aval puissent sortir de l'ouvrage sans problème. Dans ce cas, le système de ventilation fonctionne en deux phases : une phase de contrôle du courant d'air et donc de stratification des fumées dès la présomption d'incendie pour faciliter l'évacuation des usagers, une seconde phase pour pousser les fumées d'un côté du tunnel. Le passage à la seconde phase peut être effectif lorsque la totalité des bateaux a quitté l'ouvrage ou lorsque les bateaux sont suffisamment éloignés du foyer.

Seule cette seconde solution est commentée ci-après car plus adaptée aux tunnels de navigation.

Les possibilités de mise en place de systèmes d'extraction massive devront être étudiées en particulier pour les tunnels disposant de cheminées existantes.

Comme illustré sur la figure ci-dessous, le dimensionnement d'un puits d'extraction doit permettre :

- l'aspiration de la totalité des fumées provenant du foyer ;
- l'obtention d'une vitesse critique en amont du foyer ;
- la création, de l'autre côté du puits, d'une vitesse du courant d'air suffisante (**vitesse dite de retour**) pour empêcher les fumées de dépasser le puits (on peut retenir une valeur minimale de 1 m/s).



En cas d'incendie, le mode de déclenchement du système de désenfumage (obtention de la vitesse critique le plus tôt possible ou mise en route en deux phases pour maintenir une vitesse réduite dans un premier temps) dépend de la configuration d'exploitation dans laquelle on se trouve.

La vitesse des bateaux étant relativement faible, le délai nécessaire pour qu'ils sortent du tunnel peut être important. Ainsi, selon la longueur du tunnel, les possibilités d'extraction massive et le trafic, des mesures d'exploitation telles que le respect d'un espacement minimal entre deux bateaux et/ou le respect d'une vitesse minimale pour les bateaux peuvent s'avérer utiles.

En tout état de cause, les usagers à l'aval de l'incendie (par rapport au courant d'air) doivent être incités à s'éloigner du foyer en bateau au plus vite. La vidéosurveillance peut constituer une aide pour apprécier les conditions d'occupation du tunnel ; en outre, le suivi d'avancement présente l'avantage d'être efficace même avec une visibilité réduite par les fumées.

Cela suppose également, pour les usagers se trouvant à l'amont du foyer (par rapport au sens de circulation) et évacuant à pied, qu'ils se dirigent dans la direction opposée au foyer c'est-à-dire généralement à contre sens de la navigation⁸. Pour les tunnels équipés d'une telle ventilation longitudinale, il conviendra d'informer les usagers sur le comportement à tenir, de manière préventive (via RPP, avis à batellerie, signalisation fixe) et dans la mesure du possible de manière dynamique (signalisation lumineuse orientée, messages radio). Cela constitue une difficulté certaine, par exemple lorsque la tête aval est visiblement plus proche que la tête amont, ce qui incite à se diriger vers l'aval.

Pour une exploitation unidirectionnelle de l'ouvrage, on peut distinguer trois cas de figure (voir les cas 1 à 3 illustrés ci-après). Le cas 3 est également représentatif d'une exploitation bidirectionnelle. ***Il est important de noter que ces schémas sont donnés à titre indicatif et sont à adapter aux conditions particulières du tunnel après étude des scénarios possibles en fonction du trafic, des équipements mis en œuvre et des contraintes d'exploitation.***

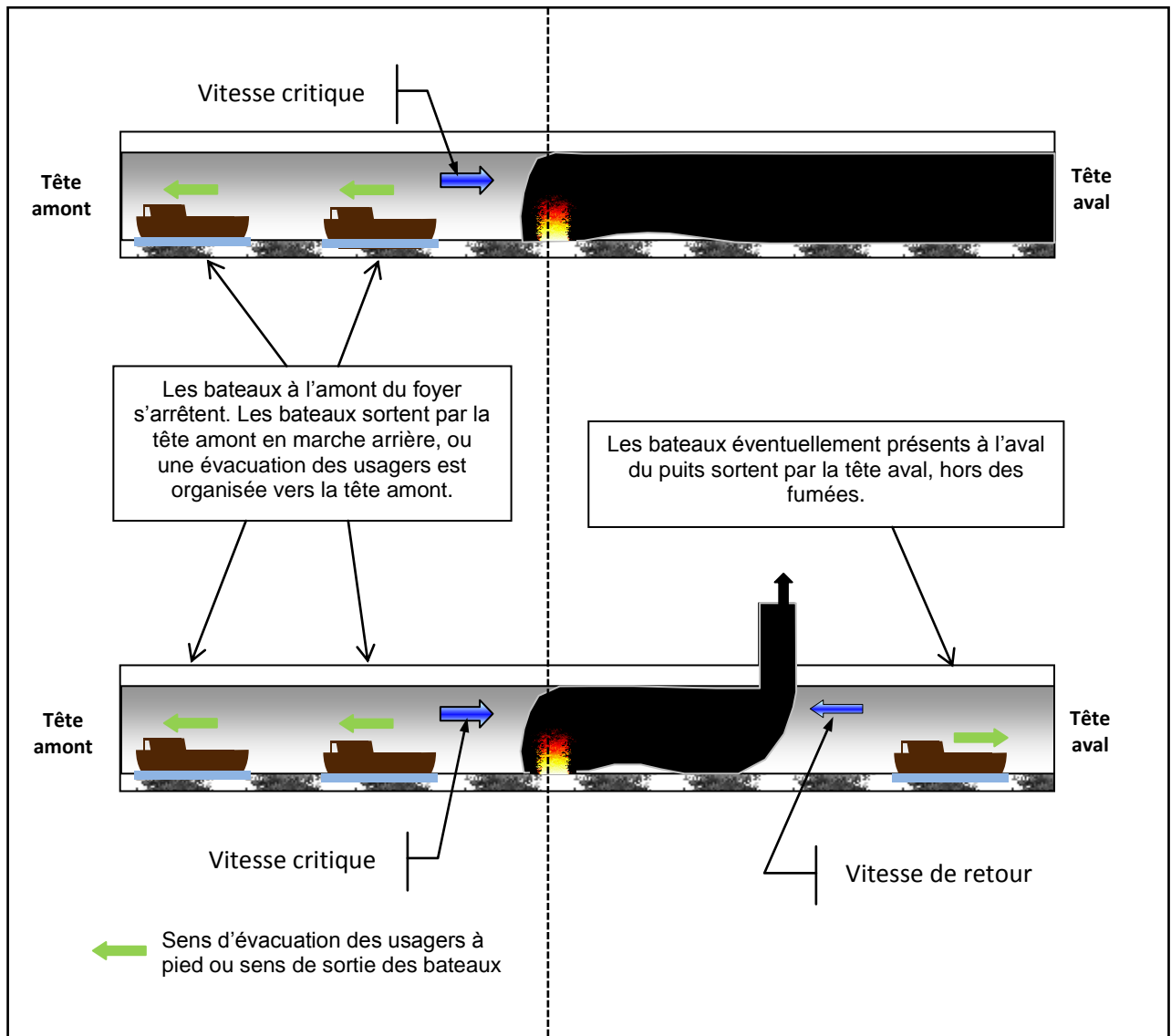
Nota : les termes amont et aval utilisés ci-après s'entendent par rapport au sens de circulation des bateaux dans l'ouvrage.

⁸ Pour choisir la direction vers laquelle seront repoussées les fumées, il faut aussi tenir compte des possibilités d'accès des services de secours. Si ceux-ci ont un côté privilégié d'accès, par exemple un chemin beaucoup plus court d'un côté, il peut être préférable de préserver des fumées la tête correspondante.

Cas 1 : Absence de bateaux entre le foyer et la tête aval (ou le puits aval)

On cherchera à obtenir la vitesse critique à l'amont du foyer. L'évacuation des personnes à pied se fait vers la tête amont.

Dans le cas de l'utilisation d'un puits d'extraction, les bateaux présents entre ce puits et la tête aval poursuivent leur progression et sortent du tunnel par la tête aval.

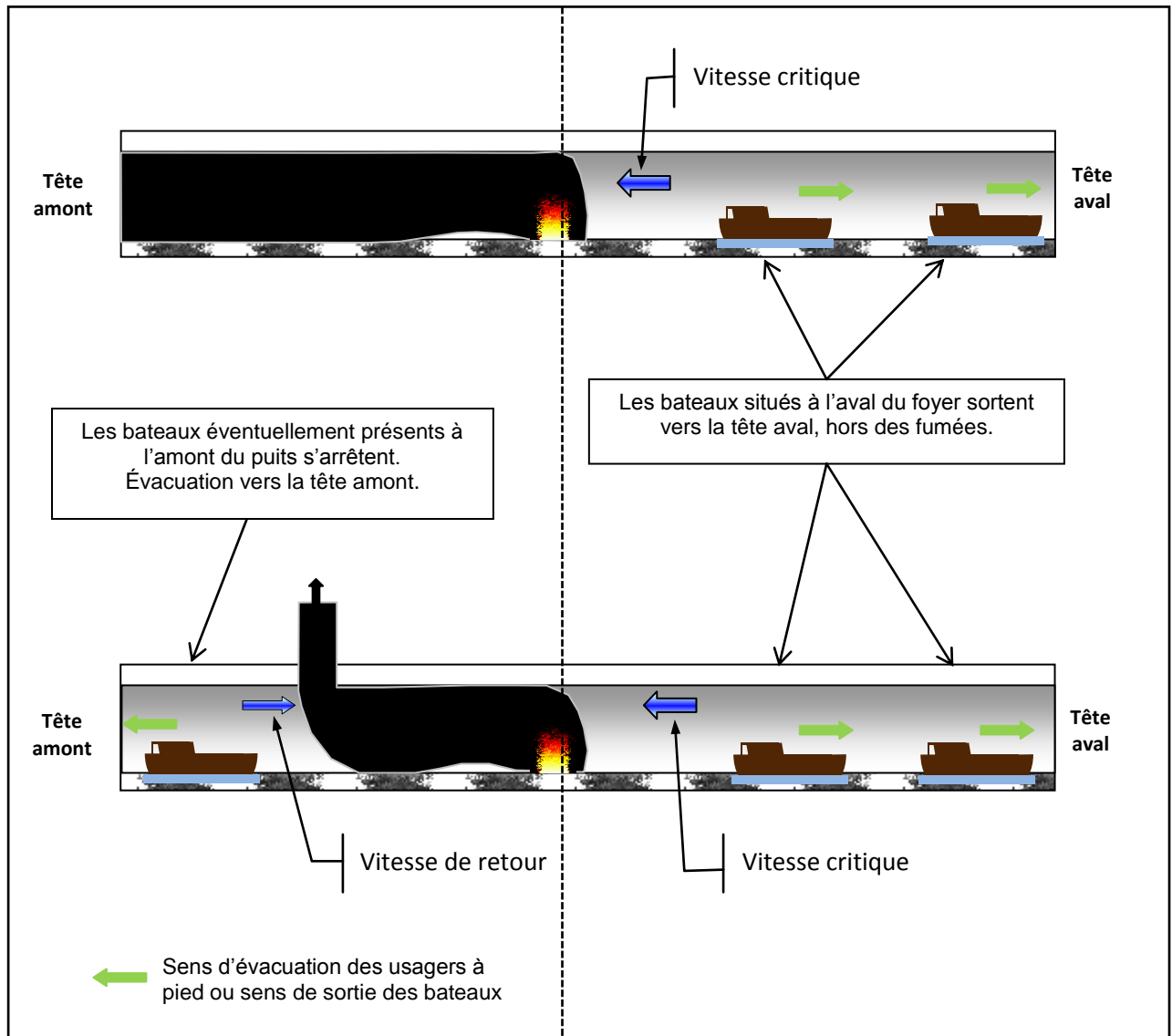


Cas 2 : Absence de bateaux entre la tête amont (ou le puits amont) et le foyer

Ce cas peut se produire si l'incendie a lieu en entrée de tunnel par exemple.

On peut alors chercher à obtenir la vitesse critique à l'aval du foyer. L'évacuation se fait vers la tête aval.

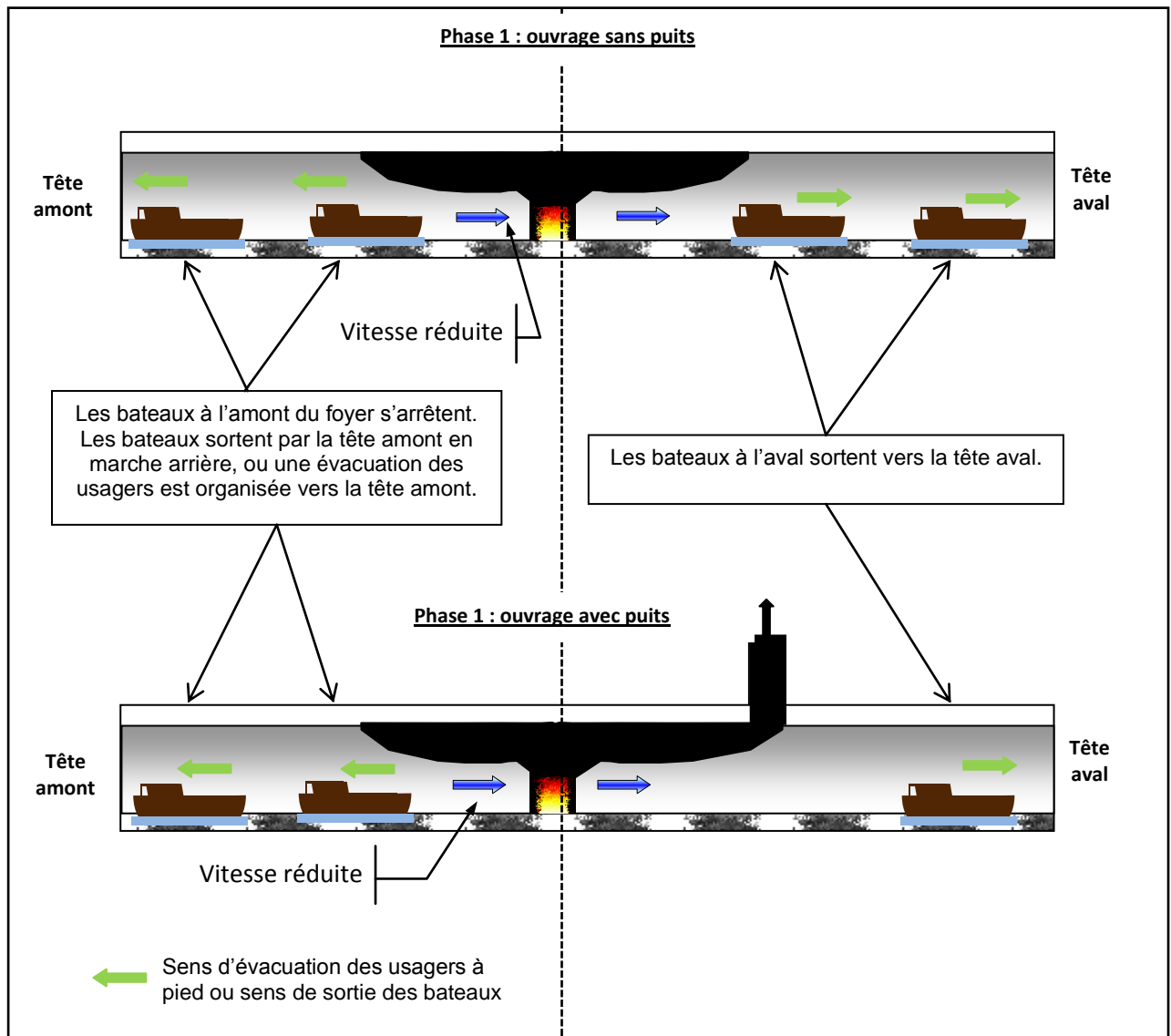
Dans le cas de l'utilisation d'un puits d'extraction, les bateaux présents entre la tête amont et ce puits doivent s'arrêter et sortir en marche arrière, ou alors les usagers doivent évacuer à pied vers la tête amont.



Cas 3 : Présence de bateaux de part et d'autre du foyer

Dans ce cas, il est préférable d'agir en deux phases. Ce type de mise en œuvre doit s'appuyer sur un niveau d'instrumentation suffisant en nombre d'anémomètres.

Dans un premier temps, on cherchera à limiter le courant d'air afin de ne pas enfumer les bateaux situés de part et d'autre du foyer et faciliter ainsi leur évacuation.



Dans un second temps, on pourra pousser les fumées à la vitesse critique dans un sens ou dans l'autre (sens à définir en fonction de la position du foyer dans l'ouvrage et de l'accès des secours).

TERME SOURCE

Péniche vide

Les calculs effectués par le CETMEF à partir du guide du CETU (Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers, fascicule 4) font état pour une péniche Freycinet d'un potentiel calorifique de l'ordre de 139 000 MJ.

Cette valeur résulte :

- du potentiel calorifique des 3000 litres de gazole : 108 000 MJ,
- d'une estimation concernant la cabine de pilotage et compartiment moteur assimilé au tracteur d'un poids lourd : 7 000 MJ,
- d'une estimation concernant l'habitation du marinier comparée au chargement aéré de produits cellulosiques d'un fourgon : 24 000 MJ.

Le dernier point est corroboré par une étude menée par Bureau Veritas faisant état d'un potentiel calorifique de l'ordre de 18 000 MJ pour un appartement de 2 pièces.

Ce potentiel calorifique est estimé être libéré selon une cinétique comparable à celle d'un poids lourd (10 min de montée en puissance, 50 min de plateau, 30 min de décroissance) donnant lieu à une puissance d'incendie en plateau de l'ordre de 30 MW⁹.

Péniche avec chargement combustible

Le potentiel calorifique est estimé à 5 000 000 MJ pour des produits cellulosiques aérés et à 11 250 000 MJ pour un liquide inflammable. Or, la surface d'une péniche Freycinet est de l'ordre de 130 m². Il n'est donc pas exclu que la surface enflammée atteigne 80 m², hypothèse retenue par le CETU pour les incendies de plus forte puissance.

De ce fait, des incendies de puissance 100 à 200 MW, sont envisageables avec un chargement combustible.

De tels incendies sont alors susceptibles de brûler à pleine puissance pendant plusieurs heures (6 à 7 heures selon la cinétique envisagée).

⁹ 1 W = 1 J.s⁻¹

Conclusion

Un incendie de péniche en tunnel générerait donc assez facilement une puissance minimale de 30 MW et probablement significativement plus dans certains cas. Afin de préciser ces hypothèses, il est nécessaire d'étudier plus en détail la cinétique d'incendie des bateaux.

Il est donc préconisé dans le cadre de l'étude de ventilation de se baser sur au moins deux scénarios : 30 MW et 100 MW et si des TMD sont autorisés, d'étudier la sensibilité d'un terme source supérieur à déterminer au cas par cas.

FONCTIONNEMENT A LA CHALEUR DES EQUIPEMENTS DE DESENFUMAGE

La tenue au feu des équipements de désenfumage devra être adaptée à la puissance des incendies potentiels identifiés.

À titre indicatif, l'annexe 2 à la circulaire 2000-63 relative à la sécurité dans les tunnels routiers préconise :

- une résistance de 200°C pendant 120 min pour les accélérateurs et les ventilateurs d'extraction, lorsque l'incendie de référence correspond à 30 MW. Cette résistance est portée à 400°C pendant 120 min lorsque l'incendie de référence atteint 200 MW,
- une résistance de 450°C pendant 120 min pour les dispositifs de suspension et la structure porteuse des équipements lourds implantés en hauteur (accélérateurs).

VENTILATION SANITAIRE

Le groupe de travail n'a pas connaissance d'accidents liés à une intoxication par les gaz d'échappement des bateaux en tunnel canal. Néanmoins, il convient de tenir compte des risques pour la santé liés à une exposition chronique aux polluants.

Il conviendra de réaliser une étude sanitaire précise pour apprécier les niveaux de pollution présents dans le tunnel et la capacité du système de ventilation de les diluer, en accord avec le ministère de la santé.

À titre indicatif, les études menées jusqu'à présent dans les tunnels canaux (ex. Ruyaulcourt) ont montré que les gaz d'échappement ont tendance à suivre le mouvement des bateaux compte tenu de l'important effet piston créé par les péniches, en particulier lorsqu'elles sont lèges.

En règle générale, les installations prévues pour le désenfumage sont suffisantes pour couvrir les besoins en ventilation sanitaire. Une étude aéraulique déterminera le meilleur profit qui peut être tiré des installations de ventilation mécanisée pour les besoins de la ventilation sanitaire.

En cas d'absence de ventilation mécanique, selon une étude de risque menée pour le tunnel de Mauvages, il est néanmoins nécessaire de mesurer la pollution induite par les moteurs et de prendre des mesures d'exploitation en cas d'atteinte des seuils, par exemple imposer temporairement un seul bateau à la fois en tunnel, voire fermer l'ouvrage à la navigation si les seuils sont dépassés.

Il est important que les solutions envisagées en exploitation courante limitent les zones de vitesse nulle en tunnel où les polluants s'accumulent et les concentrations peuvent atteindre des taux très élevés.

(Voir également annexe « Qualité de l'air » du présent FRT)



Exemple d'accélérateurs en tunnel routier

ANNEXE 14 – Mesure de la qualité de l'air

Fonction à assurer :

Mesurer la qualité de l'air dans les tunnels de manière à gérer la ventilation (ou le cas échéant interdire l'accès à l'ouvrage) et détecter un éventuel incendie.

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Dossier pilote du CETU : ventilation (Novembre 2003)

Prescriptions techniques :

Différents matériels sont à installer en tunnel :

- détecteur de CO,
- détecteur de NO ou NO₂,
- anémomètre.

Maintenance :

Tous les 6 mois changement des cartouches de mesure pour les CO et NO ou NO₂, nettoyage des anémomètres (suivant la technologie)

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

Détecteur de CO de type « cellule électrochimique » :	1 500 € à 3 000 €
Détecteur de NO de type « cellule électrochimique » :	1 500 € à 3 000 €
Détecteur de NO ₂ de type « cellule électrochimique » :	15 000 € à 30 000 €
Anémomètre :	4 000 €



Exemple de détecteur de CO

INSTALLATION

Les détecteurs de la qualité de l'air sont à installer :

- soit directement dans le tunnel,
- soit dans un local attenant au tunnel.

Dans le deuxième cas de figure, il conviendra de mettre une pompe pour le prélèvement d'air en tunnel et un tuyau pour le rejet de l'air après analyse.

Les anémomètres sont toujours installés à l'intérieur des ouvrages.

Le nombre et la position des différents détecteurs et des anémomètres sont le résultat d'une analyse prenant en compte différents paramètres (tunnel ventilé ou non, présence de puits d'extraction, nature du trafic etc.).

TRAITEMENT DES INFORMATIONS

Détecteurs de la qualité de l'air (seuils de contrôle de la qualité de l'air en exploitation normale)

Les informations issues des détecteurs de la qualité de l'air sont traitées par des automates dans des algorithmes spécifiques. En fonction des seuils retenus (ou fixés par la réglementation), les automates mettront en service ou arrêteront la ventilation de l'ouvrage concerné.

Les valeurs maximales recommandées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique (avis du 14 décembre 1998) dans les ouvrages souterrains ou couverts (seuils de contrôle en exploitation normale) sont :

- la teneur moyenne en CO sur toute la longueur de l'ouvrage ne doit pas dépasser :
 - 50 ppm (60 mg/m³) sur toute période de 30 minutes,
 - 90 ppm (100 mg/m³) sur toute période de 15 minutes ;
- la teneur moyenne en NO₂ sur toute la longueur de l'ouvrage ne doit pas dépasser :
 - 0,4 ppm (0,8 mg/m³) sur toute période de 15 minutes¹⁰.

L'Organisation Mondiale de la Santé indique des valeurs moyennes pour le NO₂ de 0,110 ppm (200 µg/m³) pour une exposition d'1 heure.

À titre indicatif, à ce jour les seuils admissibles des polluants (CO, opacité, NO_x) pour les tunnels routiers, rappelés dans le « Dossier Pilote des tunnels - ventilation » de CETU (novembre 2003), en fonction du trafic sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Circulation fluide			Circulation exceptionnelle (blocage accidentel)	
CO (ppm)	Opacité (m ⁻¹)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)	Opacité (m ⁻¹)
50	0,005	0,4	150	0,009
(valeur moyenne)	(en tout point du tunnel)	(valeur moyenne)	(en tout point du tunnel)	(en tout point du tunnel)

Seuils admissibles des polluants selon les différentes hypothèses de trafic

Dans le cas des tunnels fluviaux, seront retenues comme valeurs de référence, les valeurs prescrites pour une circulation fluide dans les tunnels routiers.

Nota : les détecteurs de CO peuvent aussi être utilisés pour détecter la présence éventuelle d'un incendie. Le seuil d'alerte pour cette fonction peut être de l'ordre de 200 ppm.

¹⁰ Les niveaux du NO sont entre 15 et 30 fois plus élevés que ceux du NO₂ dans les tunnels routiers (CETU). C'est pourquoi, dans les tunnels routiers, on préfère aujourd'hui mesurer directement les niveaux de NO₂. En absence de données précises dans les tunnels canaux, il est prudent de privilégier également la mesure directe de NO₂

Anémomètre

Les anémomètres servent principalement à la gestion de la ventilation dans le cas d'un incendie (voir annexe VENTILATION du présent FRT).

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES MATERIELS

Les caractéristiques des matériels sont données à titre d'exemple et peuvent varier suivant les fournisseurs. À titre d'exemple, il est précisé, pour chaque type de matériel, le nom d'un fournisseur.

Exemple de caractéristiques d'anémomètres

Technologie	Ultrasonore avec lecture de la température ou de type hélicoïdale
Plage de mesure	- 20 à 20 m/s
Précision	0,1 m/s
Linéarité / dérive	inférieure à $\pm 5\%$ de la mesure
Seuil de détection	0,3 m/s
Conditions d'utilisation (Température, pression et humidité)	- 10°C à 65°C / 700 à 1300 hPa / 5 à 95%
Indice de protection	IP65
Indice de tenue aux chocs	IK07
Mesure déportée	Non
Temps de réponse	Inférieur à 4 s

Exemple de caractéristiques de détecteurs NO₂

Technologie	Capteur optique
Plage de mesure	0 - 2 ppm
Précision	$\pm 0,04$ ppm
Seuil de détection	0,01 ppm
Conditions d'utilisation (Température)	-20°C à +50°C
Indice de protection	IP67
Temps de réponse	1 seconde

Exemple de caractéristiques de détecteurs NO₂

Technologie	Capteur électrochimique
Plage de mesure	0 - 10 ppm
Précision	± 0,1 ppm
Linéarité / dérive	inférieure à ± 5% de la mesure
Seuil de détection	0,2 ppm
Conditions d'utilisation (Température, pression et humidité)	- 40°C à 65°C / 700 à 1300 hPa / 0 à 100%
Temps de réponse	30 secondes maximum

Exemple de caractéristiques de détecteurs NO

Technologie	Capteur électrochimique
Plage de mesure	0 – 30 ppm
Précision	0,5 ppm
Linéarité / dérive	inférieure à ± 5% de la mesure
Seuil de détection	0,5 ppm
Conditions d'utilisation (Température, pression et humidité)	- 10°C à 65°C / 700 à 1300 hPa / 5 à 95%
Indice de protection	IP67
Indice de tenue aux chocs	IK07
Mesure déportée	Oui, 30 m maximum
Temps de réponse	30 secondes maximum

Exemple de caractéristiques de détecteurs CO

Technologie	Capteur électrochimique
Plage de mesure	0 – 300 ppm
Précision	5 ppm
Linéarité / dérive	inférieure à $\pm 5\%$ de la mesure
Seuil de détection	5 ppm
Conditions d'utilisation (Température, pression et humidité)	- 10°C à 65°C / 700 à 1300 hPa / 5 à 95%
Indice de protection	IP67
Indice de tenue aux chocs	IK07
Mesure déportée	Oui, 30 m maximum
Temps de réponse	30 secondes maximum

ANNEXE 15 – Gestion Technique Centralisée (GTC) et supervision

Fonction à assurer :

Informier l'opérateur d'exploitation sur l'état et le fonctionnement des équipements de sécurité et d'exploitation (ventilation, éclairage, ...) ;

Commander les différents équipements de l'ouvrage conformément à des scénarii d'exploitation ou d'incident (incendie, accident) ;

Faciliter la gestion et la maintenance des équipements de sécurité et d'exploitation (aide à la maintenance).

Documents de référence donnés à titre indicatif :

Dossier pilote du CETU : 4.4 Équipements d'exploitation et de sécurité

Maintenance :

Très réduite (dépend principalement de l'ambiance où les équipements sont installés).

Coût d'installation (donné à titre indicatif en euros valeur 2012, ne tenant pas compte des coûts d'exploitation ou d'entretien) :

1 automate	15 000 €
1 module entrées/sorties déporté	5 000 €
1 serveur	12 000 à 15 000 €
1 licence de développement	12 000 €



Exemple de poste de contrôle pour un tunnel routier

BUT DES INSTALLATIONS DE GESTION TECHNIQUE CENTRALISEE

Les équipements de Gestion Technique Centralisée assurent le contrôle et la commande des domaines techniques suivants :

- éclairage (optimisation des dépenses énergétiques),
- ventilation (fonctionnement en mode dépollution, incendie...),
- signalisation (exploitation du tunnel),
- exploitation (gestion des équipements, alarmes techniques),
- supervision (autocontrôle du fonctionnement de la GTC).

Un dispositif automate (redondant par défaut) assure la récolte des informations de type numérique (Tout Ou Rien), analogique (4-20 mA) et liaison série (RS 485 par exemple) par le biais d'entrées / sorties déportées et d'un réseau à fibres optiques, dit de terrain.

BUT DES INSTALLATIONS DE SUPERVISION

Le poste de supervision a pour mission de :

- synthétiser de manière claire et conviviale l'ensemble des informations relevées par l'automate redondant du réseau de terrain,
- fournir un moyen de commande efficace des équipements en place.

Cette fonction de supervision est réalisée par :

- des vues synoptiques animées et propres à chaque métier (ventilation, éclairage, signalisation ...) pour les contrôles / commandes,
- une liste d'alarmes rafraîchie de manière régulière,
- un historique généré et archivé automatiquement de manière à assurer une traçabilité des événements et une meilleure sécurité.

AIDE À LA MAINTENANCE

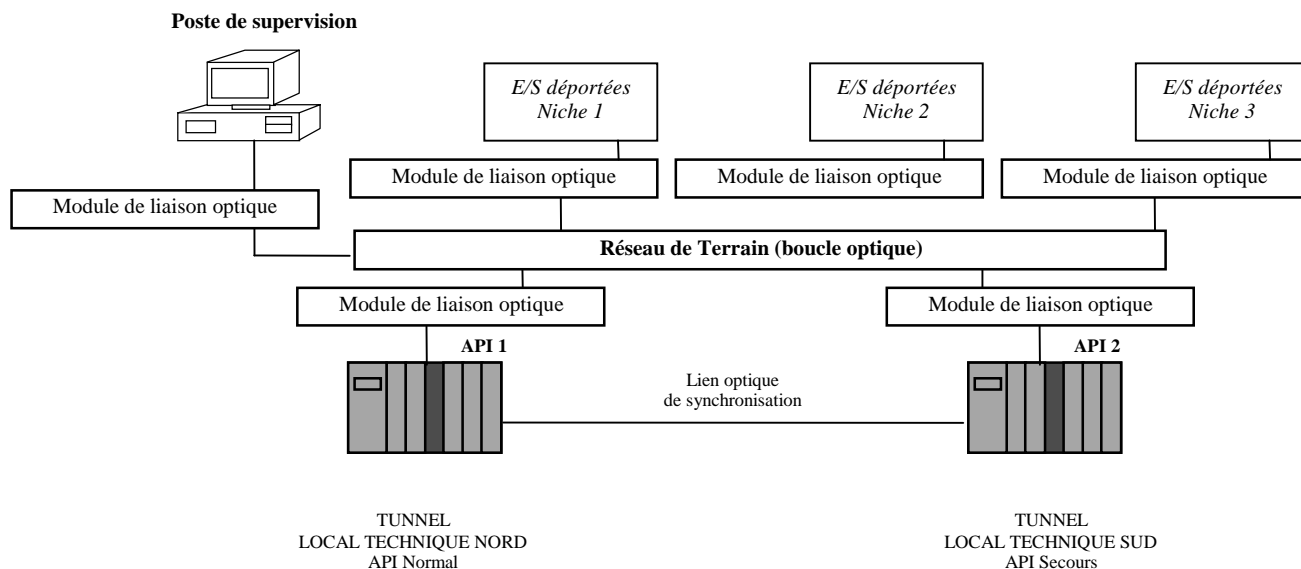
Les alarmes générées par les équipements défectueux (supervision comprise) sont reportées de manière dynamique sur une vue spécifique de la supervision.

Les alarmes sont classées par niveaux d'urgence et d'intervention.

La maintenance des équipements peut être assurée dès que nécessaire en fonction du type de défaut rencontré.

SCHEMAS

Architecture type du réseau de GTC/supervision



Le réseau de supervision présente généralement une structure en boucle optique sécurisée.

Grâce à cette boucle optique (réseau de terrain), les équipements suivants peuvent échanger des données :

- les API (Automate Programmable Industriel) qui gèrent les tables d'entrées / sorties des équipements,
- les E/S déportées qui centralisent les états des équipements de terrain et les transmettent aux automates (API).

Enfin, le poste de supervision est relié aux automates dont il partage les différentes informations (d'entrées / sorties TOR, analogiques etc..) via un réseau de type transport. Ce poste effectue la présentation des états des équipements du tunnel selon l'interface et l'imagerie choisie (voir schéma suivant).

Organisation type de l'imagerie de supervision (vues synoptiques)

