

Communiquer avec les usagers en tunnel routier

Il existe une grande diversité de types de communication en tunnel routier.

En quoi ces communications contribuent-elles à garantir la sécurité des usagers des tunnels routiers ?

Quels sont les textes qui les encadrent ?

Comment les rendre plus efficaces ?

Quelles sont les évolutions technologiques récentes et les nouveaux usages qui en découlent ?

Le 13 octobre 2022, les membres du GTFE se sont réunis à Bruxelles pour tenter de répondre à ces questions et explorer les évolutions à venir dans le domaine des communications.



\ REMERCIEMENTS

\\ Le CETU remercie l'ensemble des participants à la rencontre du GTFE du 13 octobre 2022 et tout particulièrement les intervenants: J. Audrain (CETU) ; S. Baudoin (APRR - AREA) ; S. Besson (CETU) ; J. Buquet (See Telecom) ; B. Embrechts (CirCul2020) ; J.-Y. Fremillon (ASF) ; O. Gavaud (DGITM / DMR) ; F. Goudenove (Syntony) ; M. Hélon (DiRIF) ; T. Hervé (DIR Centre-Est) ; M. Laoufi (Cofiroute) ; R. Noël (Service Public de Wallonie) ; B. Nzonteu (Bruxelles Mobilité) ; P. Philip (APRR) ; M. Potier (CETU) ; V. Sassolini (TMB GEIE)

Tous ont contribué à la réussite de cette rencontre et sont sincèrement remerciés pour la qualité et la richesse des échanges. Toutes les présentations sont accessibles sur le site internet du GTFE.



\ RÉDACTEURS

\\ **Rédacteur :**
Julien AUDRAIN (CETU)

\\ **Comité de rédaction :**
Eric PREMAT
Jean-François BURKHART
Séverine BESSON
Hélène MONGEOT
Frédéric MURARD
Malika ZEROUAL-CLEMENT

Avertissement : les actes du GTFE sont élaborés par le CETU et finalisés suite à chaque atelier. Ils rassemblent les connaissances disponibles, contributions, retours d'expérience et échanges entre l'ensemble des participants.

Au moment de l'atelier, ce sont des documents de référence sur la thématique traitée. Bien que le maximum soit fait pour s'assurer de la fiabilité des informations diffusées, la responsabilité du CETU ou de leurs auteurs ne saurait être engagée.

Communiquer avec les usagers en tunnel routier

Atelier du 13 octobre 2022

Avril 2024

1 INTRODUCTION, CONTEXTE ET ENJEUX

2 LA COMMUNICATION
COMME MOYEN DE MISE EN ŒUVRE
DES FONCTIONS DE SÉCURITÉ

3 LE CADRE RÉGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE

4 AMÉLIORER LA COMMUNICATION AVEC
L'USAGER POUR LA RENDRE PLUS EFFICACE :
UNE PRÉOCCUPATION PERMANENTE DES EXPLOITANTS

5 UN DOMAINE EN MUTATION :
ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ET NOUVEAUX USAGES

6 PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

1

INTRODUCTION : CONTEXTE ET ENJEUX

La communication est l'ensemble des interactions entre des personnes ou des objets qui échangent de l'information.

En tunnel routier, la communication joue un rôle majeur dans la gestion de la sécurité des usagers, que ce soit en situation courante ou pendant un événement. Elle s'appuie sur plusieurs entrants fondamentaux – objectifs, acteurs, moyens et contenus – qui font face à d'importantes évolutions.

Ainsi, aux acteurs « institutionnels » que sont les services d'intervention (services de secours et forces de l'ordre), s'ajoute une nouvelle composante, le véhicule, qui abandonne progressivement son rôle d'objet passif pour prendre un rôle actif dans l'émission et la réception des informations. Il devient ainsi un maillon important du processus global de communication.

Les usages des moyens de communication sont eux aussi en évolution. La communication est traditionnellement utilisée en exploitation courante, lors de la gestion des incidents et des accidents, ainsi qu'en gestion de crise pour donner des consignes de comportement à l'utilisateur. A cela s'ajoute désormais une communication constante de plus en plus prégnante et en « temps réel » avec l'utilisateur, qu'il se trouve en tunnel ou bien en approche, pour le tenir informé de toute situation.

Malgré ces évolutions, la forme sous laquelle l'utilisateur va se voir délivrer une information changera très peu dans le futur : il s'agira toujours d'une information visuelle, auditive ou d'une combinaison des deux.

Ce document présente les éléments exposés et débattus lors de l'atelier thématique de la rencontre du GTFE d'octobre 2022 sur le thème « Communiquer avec les usagers en tunnel routier », dont le programme figure en annexe.



2

LA COMMUNICATION COMME MOYEN DE MISE EN ŒUVRE DES FONCTIONS DE SÉCURITÉ

En tunnel, les communications sont multiples et variées [1]. Il existe – ou existera dans le futur – des communications entre personnes (usagers vers exploitant, exploitant vers usagers, exploitant vers services de secours, etc.), entre personnes et objets (exploitant vers infrastructure, etc.) et entre objets (infrastructure vers véhicules, etc.).

Afin de garantir le meilleur niveau de sécurité pour les usagers, des actions génériques, appelées « fonctions de sécurité », sont à assurer.

La note d'information n°23 du CETU « Définition des fonctions de sécurité – Application aux modes d'exploitation dégradée et aux conditions minimales d'exploitation » (juillet 2014) [2] définit les grandes fonctions de sécurité ainsi que les moyens nécessaires à leur mise en œuvre. La communication y est présentée comme l'un des moyens indispensables pour assurer les fonctions de sécurité suivantes :

- ▶ prévenir et limiter les incidents / accidents ;
- ▶ détecter ;
- ▶ alerter et informer ;
- ▶ limiter les conséquences de l'incident / accident ;
- ▶ assurer un retour à la normale.

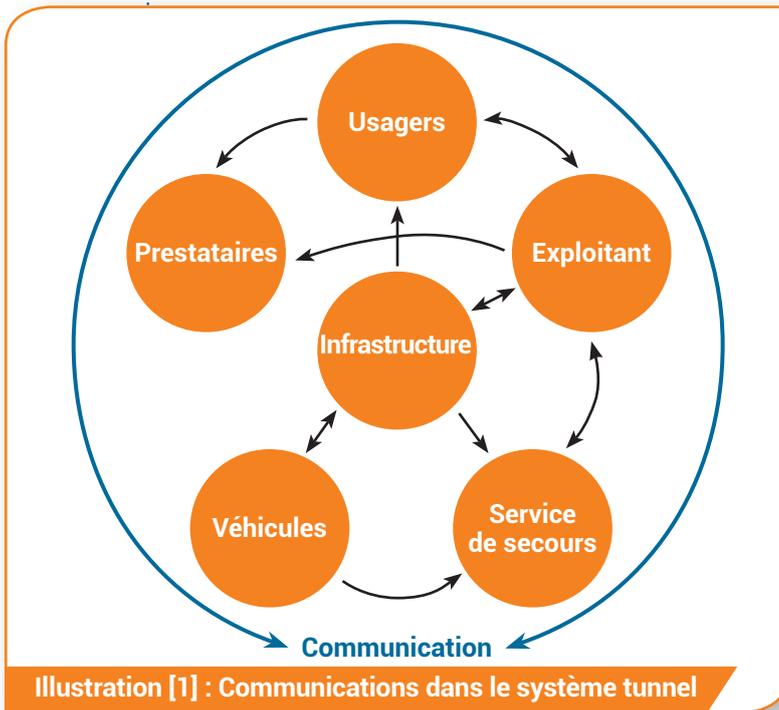


Illustration [1] : Communications dans le système tunnel

3 Correspondance entre fonctions de sécurité et moyens		F1 : prévenir les incidents/accidents				F2 : détecter		F3 : alerter et informer			F4 : limiter les conséquences incidents/accidents	
Moyens		F1-1	F1-2	F1-3	F1-4	F2-1	F2-2	F3-1	F3-2	F3-3	F4-1	F4-2
M1 : génie civil	M1-1											
	M1-2											
	M1-3											
	M1-4											
M2 : gestion technique contrôlée et supervision	M2-1											
	M2-2											
	M2-3											
	M2-4											
	M2-5											
M3 : alimentations	M3-1											
	M3-2											
	M3-3											
	M3-4											
M4 : éclairage	M4-1											
	M4-2											
	M4-3											
	M4-4											
M5 : ventilation	M5-1											
	M5-2											
	M5-3											
M6 : moyens de lutte contre l'incendie	M6-1											
	M6-2											
M7 : détection d'incident et d'incendie	M7-1											
	M7-2											
	M7-3											
	M7-4											
	M7-5											
	M7-6											
	M7-7											
	M7-8											
M8 : communication	M8-1											
	M8-2											
	M8-3											
	M8-4											
	M9-1											

Illustration [2] : Note n°23

Les principales interactions entre les différentes composantes du système tunnel et les fonctions de sécurité auxquelles elles répondent peuvent être représentées à l'aide de la matrice « Communications - Fonctions de sécurité » [3].

Celle-ci est à double entrée et est constituée de la façon suivante :

- ▶ colonne « Émetteur » : l'émetteur de la communication ;
- ▶ ligne « Destinataire » : le destinataire de la communication ;
- ▶ corps de la matrice : fonctions de sécurité concernées.

Certaines de ces communications sont effectuées selon les modalités prévues par la réglementation et la doctrine établie (exemple : les communications entre usagers et opérateurs tunnels au moyen des postes d'appel d'urgence).

D'autres communications relèvent simplement d'un constat, sans pour autant qu'il s'agisse de pratiques à privilégier (exemple : les communications directes entre usagers et services de secours, qui ne sont pas à favoriser, mais qui sont devenues courantes avec la généralisation des téléphones portables).

DESTINATAIRE \ ÉMETTEUR	USAGER	INFRASTRUCTURE	EXPLOITANT	SECOURS	PRESTATAIRE
USAGER			F2-1 et F3-1	F2-1 et F3-1	F3-1
INFRASTRUCTURE			F2-1		
EXPLOITANT	F1 et F3-2	F1 et F4	F4-4	F4-4	
SECOURS	F3-2			F4-4	
PRESTATAIRE					

- ▶ F1 Prévenir les incidents / accidents
- ▶ F2-1 Détecter un incident/accident
- ▶ F3-1 Alerter les services d'intervention
- ▶ F3-2 Alerter les usagers dans l'ouvrage et aux têtes
- ▶ F4 Limiter les conséquences de l'incident / accident
- ▶ F4-4 Faciliter l'accès et l'action des services d'intervention

Illustration [3] : Matrice des communications – Fonctions de sécurité



3

LE CADRE RÉGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE

La communication est encadrée par un corpus réglementaire et technique illustrant la diversité des moyens technologiques assurant sa réalisation.

L'instruction technique annexée à la circulaire 2000-63 du 25 août 2000 (IT) précise les dispositions et les moyens qui doivent être mis en place dans les tunnels neufs de plus de 300 m du réseau routier national. Elle fait notamment référence à plusieurs moyens d'assurer les communications :

- ▶ la radiocommunication (RADIO) - § 3.8,
- ▶ la sonorisation (SONO) - § 3.4,
- ▶ le réseau d'appel d'urgence (RAU) - § 3.4,
- ▶ la signalisation (SIGNA) fixe et dynamique - § 3.7,
- ▶ l'information ponctuelle - § 5.4,
- ▶ la téléphonie mobile - § 3.9.

Si l'IT est prescriptive pour les seuls tunnels neufs de plus de 300 m du réseau routier national, elle constitue la référence pour l'ensemble des tunnels existants. Les dispositions de l'instruction technique peuvent dans ces cas être adaptées, en particulier pour les tunnels de moins de 300 m.

Pour les tunnels du réseau routier transeuropéen, la directive 2004/54/CE du parlement européen et du conseil donne également des exigences de sécurité minimales concernant les moyens de communication listés ci-dessus respectivement dans les § 2.16, 2.16.3, 2.10, 2.12 / 2.15 et 4.

Afin d'aider les exploitants dans le choix et le déploiement des différents moyens de communication prescrits par la réglementation, des guides et textes sont à leur disposition.

Par exemple, le document d'information du CETU « Signalisation et dispositions d'accompagnement de l'auto-évacuation des usagers dans les tunnels routiers » (septembre 2010) synthétise les dispositions en la matière selon plusieurs niveaux :

- ▶ réglementaire (signalisation des niches de sécurité pour aider l'utilisateur à les localiser ; dispositifs de sonorisation servant à informer les usagers en attente de l'arrivée des services d'incendie et de secours, etc.) ;
- ▶ d'accompagnement (par exemple : sur-signalisation des issues de secours pour bien mettre en évidence les issues de secours et aider les usagers à les localiser) ;
- ▶ complémentaire (par exemple : utilisation de sirènes d'alarme pour faire prendre conscience aux usagers que la situation a basculé vers une situation de crise et qu'ils sont en danger).

La note d'information n°24 du CETU « Retransmission des radiocommunications en tunnel routier » (juillet 2014) est un document destiné à l'exploitant afin de l'accompagner dans la mise en place d'une installation de radiocommunications en tunnel, objet du § 3.8 de l'IT, du Code de la sécurité intérieure - R 732-9 et de l'arrêté du 7 juillet 2021.



\ RADIOCOMMUNICATIONS

NOTE D'INFORMATION N°24

Cette note présente la réglementation, les acteurs et leurs réseaux, les démarches administratives à suivre et la procédure d'élaboration de l'avant-projet d'exécution. Elle donne aussi, à titre informatif, quelques éléments de coût d'investissement et de maintenance. Ce document disponible sur le site internet du CETU sera mis à jour pour y intégrer les spécificités du Réseau Radio du Futur.

ARRÊTÉ DU 7 JUILLET 2021

(en cours de révision à la date de la tenue de l'atelier du GTFE)

- ▶ Continuité des radiocommunications des services de secours
- ▶ Tunnels nouveaux ou faisant l'objet de modifications substantielles :
 - urbains > 500 m
 - non urbains > 800 m
- ▶ Routiers, fluviaux, ferroviaires, TPGU
- ▶ Niveau signal > - 85 dbm
- ▶ Référentiel technique
- ▶ Technologie : Infrastructure Nationale Partageable des Transmissions (INPT)
- ▶ <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2021/7/7/INTE2031493A/jo/texte>

4

AMÉLIORER LA COMMUNICATION AVEC L'USAGER POUR LA RENDRE PLUS EFFICACE : UNE PRÉOCCUPATION PERMANENTE DES EXPLOITANTS

Afin d'être conforme à la réglementation et d'assurer les fonctions de sécurité qui lui incombent, la communication est mise en place en s'appuyant sur une grande variété de technologies.

Dans la matrice « Communications - moyens traditionnels » ci-dessous en illustration [4], sont présentés des exemples de moyens technologiques actuels et répandus permettant de répondre aux fonctions de sécurité [3].

Certains équipements répondent à plusieurs fonctions, comme la radio qui permet de communiquer entre services de secours ou services d'exploitation, mais également de diffuser des messages aux usagers par l'incrustation de messages d'urgence (IMU).

La Gestion Technique Centralisée (GTC) a un rôle particulier dans cette matrice car elle est un support commun aux moyens de communication ou du moins assure l'interface entre des systèmes de communication indépendants.

D'autres équipements sortent du strict champ des équipements de sécurité du tunnel, comme la téléphonie mobile, qui permet de nouveaux types d'échanges et l'utilisation d'applications tierces telles que l'information routière collaborative entre usagers.

DESTINATAIRE \ ÉMETTEUR	USAGER	INFRASTRUCTURE	EXPLOITANT	SECOURS	PRESTATAIRE
USAGER	WAZE		RAU - MOBILE	RAU - MOBILE	E-Call
INFRASTRUCTURE		GTC	GTC		
EXPLOITANT	SIGNA/IMU/HP	GTC	RADIO	RADIO	
SECOURS			RADIO	RADIO	
PRESTATAIRE					

Illustration [4] : Matrice des communications – Moyens traditionnels

Des études ainsi que des exercices de sécurité ont mis en évidence le manque d'efficacité de certaines technologies, dans certaines situations, pour transmettre le message souhaité à destination des usagers.

C'est ce constat qui a conduit à la rédaction du document d'information du CETU « Signalisation et dispositions d'accompagnement de l'auto-évacuation des usagers dans les tunnels routiers » (septembre 2010). Le déploiement des dispositions proposées dans ce document a permis d'améliorer l'efficacité des messages à transmettre. Certaines pistes d'amélioration demeurent néanmoins.

Une réponse pourra être apportée, soit en ayant recours à des technologies nouvelles pour lesquelles l'atteinte de l'objectif de communication a été démontré, soit en

renforçant la communication par des dispositifs complémentaires.

L'efficacité d'une technologie et l'intérêt de l'installer dépendent de la population ciblée (adultes valides, jeunes, personnes âgées, malvoyants, malentendants, etc.), du type de tunnel et de son niveau de trafic. Dans ce sens, la variété technologique est un atout offrant différentes possibilités. Pour autant, cette variété peut aller à l'encontre du principe d'uniformisation des dispositifs d'auto-évacuation qui vise à les rendre le plus facilement compréhensibles possible par les usagers.

Quelle que soit la technologie choisie, il faut garder à l'esprit que **l'objectif principal est de communiquer un message.**

1. RENFORCER LA COMMUNICATION VISUELLE

La communication visuelle est l'un des moyens utilisés pour faire passer une information à l'utilisateur et l'alerter. Ce type de communication, plutôt simple à mettre en œuvre, peut être réalisé de différentes manières. Le message peut par exemple prendre la forme d'un code couleur (orange pour les niches de sécurité et vert pour les issues de secours), d'un texte ou symbole (signalisation statique), ou d'un signal lumineux statique ou dynamique (éclairage ou feux flash autour des portes d'issue de secours).

Pour autant, l'efficacité de ces équipements peut parfois poser question. Par exemple, le message porté peut être difficile à comprendre pour l'utilisateur. Cette compréhension peut être encore plus compliquée en cas de présence d'épaisses fumées.

Les améliorations apportées par les évolutions technologiques aux équipements actuels déjà en place peuvent constituer une première réponse, après que leur efficacité a été démontrée, par exemple dans le cadre d'une expérimentation.

La mise en place d'équipements complémentaires comme des chenillards (plots de jalonnement défilant), des panneaux à messages variables (en entrée ou dans le tunnel) ou une communication informative et préventive (flyers, notices, notifications...) est un second levier pour rendre plus efficace cette communication.

Dans le même esprit, la théâtralisation des issues de secours décrite dans le document d'information « Signalisation et dispositions d'accompagnement de l'auto-évacuation des usagers dans les tunnels routiers » est un dispositif d'accompagnement ayant fait l'objet d'expérimentations concluantes pour améliorer la communication visuelle autour des issues de secours. Ce dispositif permet leur bonne mise en valeur et aide ainsi les usagers à les localiser.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

AMÉLIORATION DE LA VISIBILITÉ DES FEUX FLASH

Suite au constat de problèmes de visibilité des feux flash lors d'exercices d'évacuation, une étude a été réalisée par le GEIE-TMB, le Cerema et le CETU sur la performance et l'optimisation de ces équipements. L'objectif retenu était que les feux soient visibles à longue distance, à travers d'épaisses fumées, sans que cela n'entraîne un risque d'éblouissement pour l'utilisateur. L'étude s'est déroulée en quatre phases :

- ▶ étude bibliographique
- ▶ caractérisation des fumées et modélisation
- ▶ évaluation expérimentale de la visibilité des feux flash dans la fumée
- ▶ rédaction de recommandations

Ces recommandations sont :

- ▶ que la luminance ne doit pas être trop élevée pour éviter toute gêne visuelle, ni trop faible pour que les feux flash restent perceptibles
- ▶ que la direction du flux lumineux soit orientée entre 45° et 90° par rapport à la perpendiculaire au piédroit
- ▶ que le spectre des sources soit proche de la sensibilité spectrale de l'œil humain en mésopique
- ▶ que la fréquence de clignotement soit proche de 2 Hz
- ▶ que les feux flash doivent être accompagnés d'un dispositif sonore, d'une ligne de vie, de bandes dynamiques LED ou autres, étant donné que leur visibilité est limitée à 50 m en cas de présence de fumée dense.



2. AMÉLIORER LA QUALITÉ DE LA COMMUNICATION SONORE

La communication sonore est la seconde communication sensorielle utilisée pour communiquer avec les usagers. Plusieurs équipements permettent sa réalisation, comme les postes d'appel d'urgence (PAU) dans les niches et les issues, l'IMU (Break-in en anglais) sur la radio FM et plus récemment sur la radio numérique DAB+ (Digital Audio Broadcast +), ou bien encore les systèmes de sonorisation (haut-parleurs, sirènes).



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

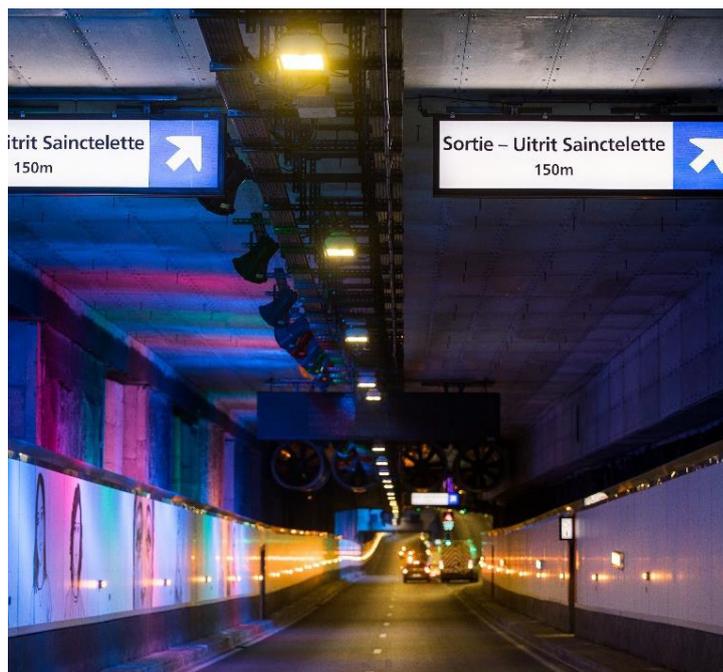
MODERNISATION DE LA RÉÉMISSION RADIO ET SONORISATION D'ALERTE

Le Service Public de Wallonie a modernisé la réémission radio et la sonorisation d'alerte dans les tunnels de la liaison E40/E25. Les fonctionnalités suivantes ont été intégrées :

- ▶ retransmission FM-DAB+
- ▶ fonction Break-in
- ▶ retransmission radio des services de secours
- ▶ sonorisation en tunnel et en issues de secours

Une fois sortis de leur véhicule, les usagers ne perçoivent plus le message sonore délivré par la radio. La continuité du message d'information ou d'alerte se fait par la sonorisation en tunnel et en issues de secours. La sonorisation peut fonctionner en mode automatique ou manuel.

L'utilisation d'un câble rayonnant a également offert une solution intégrée de connectivité radio permettant de digitaliser les opérations de maintenance et les interventions de sécurité. Le SPW a notamment participé au test de déploiement du projet SWITCH dans le tunnel de Cointe.



L'environnement fortement bruyant des tunnels du fait de la circulation des véhicules ou du fonctionnement de la ventilation perturbe l'audibilité des messages sonores adressés aux usagers. Des solutions existent pour atténuer cette difficulté. La mise en place d'équipements plus performants pouvant retransmettre des sons en haute résolution est une première solution efficace.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

SYSTÈME DE GUIDAGE AUDIO EN TUNNEL

Suite au constat que les outils de communication classiques (signalisation, insertion de message d'urgence) se révèlent souvent non compris ou peu utilisés, APRR a souhaité étudier un système de guidage audio à titre expérimental.

À l'appui d'une étude acoustique, les hauts parleurs ont été répartis de manière optimisée dans le tunnel de l'Épine. Des mesures d'intelligibilité à pied avec ventilation ($STI^1 = 0,53$) et en véhicule avec ventilation ($STI^1 = 0,43$) ont été réalisées.

Le système est complété par des écrans interactifs d'assistance dans les issues de secours et des écrans sur les portes des issues. Un exercice a permis de confirmer l'efficacité de ce système.

L'orientation des haut-parleurs vers les usagers pour les diriger est également un principe à retenir. Dans tous les cas une mesure de l'intelligibilité du message doit être prévue avant la mise en service. Elle est mesurée grâce au Speech Transmission Index (STI).



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

AMÉLIORER LES PERFORMANCES DE LA SONORISATION

Bruxelles Mobilités a réalisé d'importants travaux de sonorisation dans le tunnel Annie Cordy avec l'installation de :

- ▶ sirènes en entrée de tunnel et devant chaque issue de secours
- ▶ balises devant chaque issue de secours
- ▶ haut-parleurs dans chaque issue de secours

L'état et les alarmes de chacun de ces équipements remontent sur la GTC.

Zones d'activation des équipements de sonorisation retenues par Bruxelles Mobilités :

- ▶ en amont de la zone de désenfumage : à partir de l'entrée, ou de la sortie intermédiaire
- ▶ en aval de la zone de désenfumage : jusqu'à une issue au-delà de la zone de désenfumage



L'objectif est de communiquer l'information à tous les usagers ne pouvant pas évacuer en sécurité via le tunnel. Ces équipements ont fait l'objet de mesures d'audibilité et d'intelligibilité.

Intelligibilité en issue de secours :

- ▶ $STI > 0,5$
- ▶ optimisation de la quantité et position des haut-parleurs
- ▶ campagnes de réglage manuel du volume de chaque haut-parleur de chaque issue de secours

Contrainte en tunnel :

- ▶ Assurer l'audibilité du message à proximité des accélérateurs

1 - STI : Speech Transmission Index.

5

UN DOMAINE EN MUTATION : ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ET NOUVEAUX USAGES

À l'image de la téléphonie mobile, les technologies de communication évoluent avec une rapidité bien supérieure au cycle de renouvellement des équipements en tunnel. Ces évolutions technologiques peuvent se traduire par un changement de comportement des usagers, qui vient à son tour modifier les usages. C'est par exemple le cas des smartphones qui ont tendance à être la première solution d'alerte utilisée par les usagers au détriment des PAU.

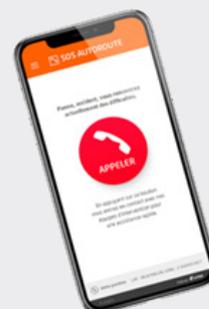


\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

PAU SUR SMARTPHONE

Des PAU inutilisés, de nouveaux comportements des usagers et des difficultés à apporter un message adapté à chacun : autant de constats qui ont poussé AREA à chercher d'autres moyens de communication vers l'utilisateur. L'application « SOS Autoroute » est la solution développée sur smartphone qui permet l'envoi de consignes de sécurité (orales et visuelles) pour tous (y compris malentendants) ainsi que des appels directs et une localisation en temps réel. Cette application est disponible sur une grande partie du réseau concédé allant au-delà du seul réseau AREA et APRR. Elle permet l'envoi :

- ▶ de consignes de sécurité (orales et visuelles)
- ▶ d'informations pour tous (y compris malentendants)
- ▶ de messages directs
- ▶ d'un repérage précis



De nouvelles technologies sont donc à disposition des usagers et des exploitants. Celles-ci vont à la fois permettre le remplacement des technologies existantes à fonctionnalités équivalentes, mais aussi l'introduction de nouvelles fonctionnalités. La communication, sous réserve de bien s'assurer de son niveau de performance, n'en sera que plus efficace voire plus complète.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

SIGNALISATION DYNAMIQUE D'ÉVACUATION

Dans un contexte où les services d'intervention peuvent éprouver des difficultés d'accès au tunnel de Puymorens, Vinci Autoroutes a souhaité améliorer le dispositif d'évacuation des usagers.

La mise en place d'une signalisation dynamique lumineuse, couplée à une ligne de guidage au sol, permet l'évacuation des usagers en toute autonomie vers des endroits sécurisés.

Les principes suivants ont été retenus :

- ▶ évacuation balisée, interdisant le passage au-dessus de la zone incendie
- ▶ signalisation lumineuse dynamique (en fonction de la position de l'incendie)
- ▶ alimentation sur onduleur
- ▶ déclenchement par le PC avec le scénario incendie
- ▶ déverrouillage des portes sur action de l'opérateur
- ▶ casques, brancards et chaises à disposition des usagers



Par exemple, la radio numérique terrestre en DAB+ – équivalent pour la radio de ce qu'est la TNT pour la télévision – va progressivement succéder à la diffusion FM. Cette nouvelle technologie rendra visuelle l'IMU en combinant au message sonore un message visuel (plans, textes).

Un autre exemple d'évolution est le Réseau Radio du Futur qui va prochainement remplacer l'INPT. Cette mutation technologique des communications des services de secours (vidéo, data, localisation...) s'appuiera sur le réseau 4G/5G des opérateurs, en intégrant des garanties de priorisation et de sécurisation des communications. Que ce soit en situation courante ou lors d'un événement, les nouvelles technologies accompagneront les changements d'usages des exploitants, services de secours et usagers, en assurant la transmission de nouveaux types de communications.

En particulier, la téléphonie mobile est aujourd'hui un moyen de communication incontournable puisque 95 % de la population âgée de 15 ans ou plus en est équipée. Dans un objectif d'informer un maximum d'usagers, ce moyen de communication est à considérer.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

CONTINUITÉ GPS

Dans les tunnels longs et complexes, les usagers peuvent avoir besoin de connaître leur position et d'être guidés dans l'ouvrage, par exemple pour anticiper des itinéraires ou des accidents.

Les usagers privilégiant les applications d'assistance à la navigation, la DiRIF a souhaité mettre en place des balises Bluetooth dans ses tunnels afin d'assurer la continuité du fonctionnement de ces applications.

Les caractéristiques suivantes ont été retenues :

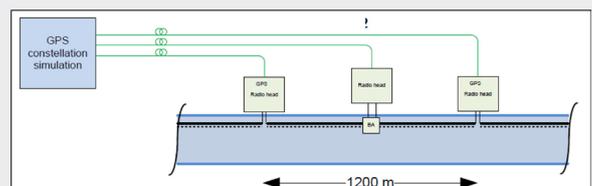
- ▶ espacement tous les 40 mètres
- ▶ installation en 6 minutes
- ▶ alimentation par batterie avec autonomie annoncée de 5 ans
- ▶ pas de supervision possible par l'exploitant

La DiRIF a été assistée par Waze pour la préparation technique et la mise en service (test drive).



Une autre solution conçue par Syntony GNSS est nommée SubWAVE. L'objectif du dispositif est de fournir une couverture GPS/GNSS en environnement inaccessible aux signaux des satellites. Les avantages sont les suivants :

- ▶ signaux GPS simulés
- ▶ compatibilité avec tout type de récepteur GPS
- ▶ précision de localisation
- ▶ transition transparente avec le GPS extérieur
- ▶ système 24h/24h
- ▶ déploiement facile sur câble rayonnant



La CNESOR rappelle d'ailleurs que sans réseau d'appel d'urgence, les communications en téléphonie mobile peuvent éventuellement constituer le seul moyen de transmission de l'alerte. Elle souligne aussi que « la possibilité d'utiliser le portable comme moyen d'alerte permet d'offrir une solution intéressante et opérationnelle aux personnes à mobilité réduite, ou à celles qui sont accompagnées de passagers ne pouvant pas rester sans surveillance dans le véhicule ».

Dans tous les cas, avec l'évolution prochaine de l'INPT vers le RRF, la continuité du réseau mobile 4G/5G en tunnel devrait se généraliser.

La note d'information n°24 du CETU sera révisée pour accompagner les exploitants dans le déploiement de cette nouvelle technologie en tunnel routier.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

RETRANSMISSION DE LA TÉLÉPHONIE MOBILE

La DIRCE a choisi de déployer le réseau opéré 4G dans ses tunnels pour répondre à des besoins d'usages variés et évoluant dans le temps. Cette nouvelle infrastructure permettra :

- ▶ d'assurer les communications des services d'exploitation et de sécurité au moyen du RRF
- ▶ d'assurer une continuité des communications des usagers et ainsi leur permettre d'avoir un moyen d'alerte complémentaire
- ▶ de préparer l'arrivée des véhicules automatisés et communicants

Les principes suivants ont été retenus :

- ▶ équiper au moins les tunnels concernés par l'obligation de retransmission des radiocommunications des services de secours
- ▶ couvrir les issues de secours, les rameaux et les galeries de sécurité pour répondre aux exigences réglementaires et faciliter les opérations de maintenance
- ▶ implanter le moins d'équipements actifs possible dans les ouvrages afin de limiter les interventions de maintenance en tunnel
- ▶ ne pas accueillir les opérateurs téléphoniques ni leurs sous-traitants dans des zones techniques de la DIRCE afin d'éviter toute perturbation sur l'exploitation.

Choix du titulaire :

- ▶ le marché de déploiement du réseau opéré 4G de la DIRCE a été attribué à TDF sans mise en concurrence, ce que le cadre réglementaire permet pour l'attribution des autorisations d'occupation temporaire « destinées à l'installation et à l'exploitation d'un réseau de communications électroniques ouvert au public », sur la base de l'article L2122-1-3-1 du Code général de la propriété des personnes publiques.
- ▶ les études, les travaux, la maintenance et la désinstallation sont à la charge de TDF

Caractéristiques du Distributed Antenna System retenu :

- ▶ actif (alimenté par réseau secouru du tunnel)
- ▶ multi-opérateur
- ▶ plusieurs technologies (2G, 3G, 4G, 5G)
- ▶ tête de réseau déportée à l'extérieur du tunnel, pouvant être commune à deux installations proches.
- ▶ éléments du système reliés au moyen de fibres et répéteurs optiques.

L'essor des nouvelles technologies a aussi pour conséquence la modification du système tunnel tel qu'il était connu depuis de nombreuses années. En effet, d'un côté l'utilisateur déjà présent dans ce système devient porteur de plus en plus d'informations utiles aux exploitants, et de l'autre, le véhicule devient une nouvelle composante incontournable entrant dans la chaîne de communication.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

VÉHICULE AUTONOME CONNECTÉ

Le parc roulant évolue, il devient plus connecté et automatisé. Il faut donc que les infrastructures évoluent en parallèle pour répondre aux nouveaux besoins des véhicules, notamment pour les aider à mieux prendre en compte leur environnement.

C'est dans ce contexte que VINCI Autoroutes a utilisé une section du Duplex A86 comme laboratoire d'innovation pour aider les acteurs des mobilités connectées et automatisées à mettre au point de nouvelles technologies. Un exemple est le développement des véhicules prototypes connectés de Stellantis, tirant profit des informations en temps réel fournies par la plateforme I2V (Infrastructure-to-Vehicle) de VINCI Autoroutes.

Le laboratoire comprend :

- ▶ 10 Unités de Bord de Route
- ▶ 141 caméras avec traitements IA sur caméras DAI existantes

La connexion de l'infrastructure routière aux véhicules et des véhicules entre eux peut se réaliser par un seul et même système : c'est ce qu'on appelle un Système de Transport Intelligent (STI) coopératif. On parle aussi de communication V2X.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE V2X

À partir de leurs capteurs embarqués, les véhicules génèrent automatiquement des messages sur les situations qu'ils rencontrent (route glissante, freinage d'urgence...) et les envoient aux alentours : ils peuvent être reçus par d'autres véhicules (V2V) et par les gestionnaires routiers (V2I). Le gestionnaire routier peut aussi transmettre les informations concernant les chantiers, la viabilité hivernale, les conditions de trafic, etc. aux véhicules équipés (I2V). La technologie utilisée peut être une technologie wifi, l'ITS-G5, standardisée depuis de nombreuses années, qui opère dans la bande non licenciée 5,9 GHz ou une technologie alternative dérivée des réseaux cellulaires 4G, le LTE-V2X ou C-V2X (Cellular - V2X).

Dans la matrice « Communications - moyens futurs » ci-dessous en illustration, sont présentées les évolutions technologiques permettant de répondre aux fonctions de sécurité [3].

	USAGER	INFRASTRUCTURE	EXPLOITANT	SECOURS	VÉHICULE
USAGER	WAZE		5G	5G	
INFRASTRUCTURE		GTC	GTC		UBR
EXPLOITANT	DAB+	GTC	RRF	RRF	UBR
SECOURS			RRF	RRF	eCall
VÉHICULE		UBR	UBR	eCall	CV2X

Illustration [5] : Matrice des communications – Moyens futurs

6

PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

L'atelier thématique du GTFE du 13 octobre 2022 a réuni exploitants de tunnels et professionnels pour partager les enjeux et pratiques dans le domaine de la communication. Les échanges ont été riches et ont permis de dégager des perspectives à plus ou moins long terme.

La modification des usages provoquée par l'arrivée des nouvelles technologies de communication est une question centrale. Par exemple, le smartphone qui est aujourd'hui un moyen de communication largement répandu, peut offrir une nouvelle possibilité pour l'IMU, dans le but d'informer un maximum d'utilisateurs.

En parallèle, la mutualisation des usages est rendue possible et particulièrement intéressante dans un contexte de recherche d'économies à niveau de sécurité équivalent. Par exemple, l'infrastructure permettant d'assurer la continuité des radiocommunications des services de secours et des exploitants tunnels pourrait aussi permettre la retransmission de services à destination des utilisateurs (GPS, 5G...).

\ LE RÉSEAU RADIO DU FUTUR (RRF)

Cette technologie s'appuie sur le réseau de téléphonie mobile et se veut interopérable, sécurisée, de très haut débit, priorisée et innovante. Il faut souligner que :

- ▶ l'arrêté définissant les références techniques relatives à la continuité des radiocommunications dans les tunnels pour les services publics qui concourent aux missions de sécurité civile est en cours de mise à jour*
- ▶ les communications de services d'exploitation tunnels devront utiliser le RRF
- ▶ la définition technique du RRF est réalisée en 2023
- ▶ son déploiement est prévu à partir de 2024

* à la date de la tenue de l'atelier du GTFE

LE RÉSEAU RADIO
DU FUTUR

Les nouvelles technologies de communication vont apporter aux exploitants des outils performants et efficaces, qui nécessiteront d'anticiper leur déploiement et de l'accompagner, notamment par des actions de formation.



\ RETOUR D'EXPÉRIENCE

OPTIMISER L'USAGE DU CÂBLE RAYONNANT

Smart Wireless Intelligent Tunnel Connectivity Hub (SWITCH) est un projet d'innovation industrielle porté par la société SEE ayant pour objectif l'utilisation du câble rayonnant pour mutualiser les usages suivants :

- ▶ maintenance (préventive, prédictive) digitalisée,
- ▶ géolocalisation,
- ▶ continuité de service des véhicules connectés (VAC et platooning).

Le projet s'appuie sur la retransmission des technologies suivantes :

- ▶ Réseau privé 4G/5G (licence nécessaire)
- ▶ Réseau privé LoRa (fréquence libre)
- ▶ Générateurs de constellations GNSS (GPS, GALILEO)
- ▶ Retransmission du réseau V2X

Pour finir, ces innovations technologiques viennent réinterroger le rôle et la place de la communication au service de l'exploitation en sécurité des tunnels routiers. L'utilisateur était le principal destinataire des actions de communication liées à la sécurité, désormais, avec le développement des systèmes de transports intelligents, il faudra progressivement apprendre à communiquer également avec la composante véhicule connecté.

ACTIONS DE RECHERCHES DU CETU SUR LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION :

- ▶ étude prospective sur les nouveaux modes de communication en tunnel
- ▶ appui technique pour le Ministère de la Transition Écologique sur le sujet RRF
- ▶ étude d'impact du RRF
- ▶ étude sur les systèmes de transports intelligents.



Ce document présente les éléments exposés et débattus lors de l'atelier thématique des rencontres du GTFE d'octobre 2022 sur le thème « Communiquer avec les usagers en tunnels routiers ».

Cet atelier a réuni exploitants de tunnels et professionnels de tunnels routiers pour partager les enjeux et pratiques dans le domaine de la communication. Les échanges ont été riches et ont permis de dégager des perspectives à plus ou moins long terme.

Centre d'Études des Tunnels

25, avenue François Mitterrand
69500 BRON

Tél. +33 (0)4 72 14 34 00

Fax. +33 (0)4 72 14 34 30

gtfe@developpement-durable.gouv.fr

