



Groupe de travail POLYCOM Tunnel ferroviaire

Directive

concernant

POLYCOM dans les tunnels ferroviaires

Office fédéral des transports (OFT)

7 juin 2010



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Table des matières

1	Introduction.....	4
2	Champ d'application.....	6
3	Bases	7
4	Exigences techniques	8
4.1	Situation initiale	8
4.2	Domaines de couverture radio avec POLYCOM	8
4.3	Délimitation du système	8
4.4	Éléments d'un système de radio du tunnel	9
4.4.1	Stations de tête.....	9
4.4.2	Stations de tunnel.....	10
4.4.3	Système rayonnant.....	10
4.4.4	Topologie CFO	12
4.4.5	Système de surveillance et de gestion.....	12
4.5	Prescriptions de dimensionnement	12
4.5.1	Introduction.....	12
4.5.2	Nombre de canaux POLYCOM.....	12
4.5.3	Conditions minimales pour la couverture radio	13
4.6	Couverture des portails de tunnel	14
4.7	Alimentation et approvisionnement du signal à partir du réseau partiel POLYCOM	15



Référence du dossier : BAV-411.16//116

4.7.1	Raccordement par câble à la station de base préexistante	15
4.7.2	Raccordement avec Répéteur Air	16
4.7.3	Raccordement à la station de base POLYCOM souterraine	17
4.7.4	Raccordement pour des projets spéciaux	18
4.7.5	Enregistrements	18
4.8	Redondance et disponibilité	18
5	Planification de la mise en œuvre, réalisation et réception technique	20
6	Exploitation et entretien	21
7	Glossaire	22
7.1	Offices, autorités et organisations	22
7.2	Termes techniques et abréviations	22
8	Répertoire des sources	27
9	Entrée en vigueur	28
10	Annexes	29
10.1	Annexe [A] : liste de contrôle	30
10.2	Annexe [B] : taux d'erreur binaire	31
10.3	Annexe [C] : tracé du niveau de signal	33
10.4	Annexe [D] : système de mesure	35



Référence du dossier : BAV-411.16//116

1 Introduction

La réseau radio de sécurité des installations de tunnels ferroviaires est raccordé dans toute la Suisse au réseau de radiocommunication sécurisé POLYCOM.

La Confédération et les cantons mettent en place dans tout le pays le réseau de radiocommunication sécurisé numérique POLYCOM destiné aux forces d'intervention (organisations d'intervention d'urgence) et au corps des gardes-frontière (Cgfr). Le projet réseau de radiocommunication sécurisé POLYCOM est fondé sur l'arrêté du Conseil fédéral du 21 février 2001. Le but est d'établir pour fin 2012 une plate-forme de communication mobile uniformisée entre le commandement et les convertisseurs de commande de la police, des pompiers et des secouristes. Les équipes d'intervention seront équipées successivement d'appareils POLYCOM au fur et à mesure des besoins.

L'état d'avancement actuel de la construction du réseau de radiocommunication sécurisé POLYCOM sur le territoire est encore très variable d'un canton et d'une région à l'autre. Toutefois, il est prévu pour fin 2012 d'installer dans toute la Suisse un réseau de radiocommunication sécurisé, opérationnel et prêt à l'exploitation.

L'OFT a écrit le 15 mai 2009 aux entreprises ferroviaires pour leur enjoindre d'entreprendre l'équipement POLYCOM des plus longs tunnels.

Afin d'assurer que les mêmes exigences techniques soient prises en compte sur l'ensemble du réseau, un groupe de travail placé sous la direction de l'OFT a élaboré la présente directive.

La présente directive définit les exigences minimales d'équipement POLYCOM des tunnels ferroviaires et régit la compatibilité, la délimitation et les interfaces des installations radio-tunnel de sécurité avec le réseau externe de radiocommunication sécurisé POLYCOM.

La présente directive ne porte pas sur le financement des installations POLYCOM dans les tunnels ferroviaires.

Le groupe de travail est/était formé de représentants de l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP), des autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS), des entreprises ferroviaires, du corps des gardes-frontière (Cgfr) et de l'OFT.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Distribution

- **Office fédéral des transports (OFT)** : l'OFT est l'autorité exécutive et de surveillance des entreprises ferroviaires.
- **Entreprises ferroviaires** : les entreprises ferroviaires sont les constructeurs et exploitants des installations radio-tunnel dans les tunnels ferroviaires. Ces installations émettent entre autres les signaux POLYCOM.
- **Autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS)** : les AOSS assument les tâches de coordination en rapport avec l'harmonisation et les interfaces techniques entre les installations radio-tunnel et les composantes du réseau POLYCOM ainsi qu'avec l'optimisation et la révision des concepts d'engagement et de sauvetage en cas d'événement.
- **Office fédéral de la protection de la population (OFPP)** : la direction de projet POLYCOM de l'OFPP assure la coordination de tout le projet POLYCOM. Elle comprend notamment la responsabilité des « composantes nationales » telles que la planification radio, des sites et des fréquences ainsi que le service des mutations et la mise en réseau, à l'échelle nationale, de tous les réseaux partiels.
De plus, l'OFPP assure la fonction d'expert technique POLYCOM.
- **Corps des gardes-frontière (Cgfr)** : le Cgfr a trois tâches stratégiques à remplir (douane, police de sécurité et police des étrangers). Le niveau opérationnel est défini en fonction des points de vue géo-tactiques. Pour accomplir ses tâches, le Cgfr a besoin d'une infrastructure de communication fiable sur tout le territoire (y c. tunnels ferroviaires). Le Cgfr réalise l'infrastructure POLYCOM le long de la frontière en partenariat intégral avec les AOSS.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

2 Champ d'application

La directive POLYCOM dans les tunnels ferroviaires s'applique en principe aux tunnels préexistants, et principalement aux installations de tunnels ferroviaires (types C + D) mentionnés dans la directive de l'OFT « exigences de sécurité pour les tunnels ferroviaires existants » (cf. chapitre 8, source [1]). Ces deux types de tunnels sont des tunnels ferroviaires à simple ou à double voie, de plus de 1000 m de long et dont le taux de fréquentation dépasse 100 trains par jour et par tube dans les deux sens (trains voyageurs et marchandises, valeur moyenne sur l'année). Elle s'adresse à toutes les entreprises d'infrastructure ferroviaire possédant des installations de tunnels mais aussi aux maîtres d'ouvrage des nouveaux tunnels ferroviaires dans lesquels une couverture radio-tunnel POLYCOM doit être réalisée selon les dispositions de l'OFT.

La présente directive est également applicable lorsque les gestionnaires de l'infrastructure complètent des installations de tunnels ferroviaires des classes A + B selon la directive de l'OFT « exigences de sécurité pour les tunnels ferroviaires existants » par une installation radio de sécurité (POLYCOM).

Pour les nouveaux tunnels ferroviaires, l'équipement radio de sécurité doit obligatoirement prévoir POLYCOM.

Les exigences techniques sont régies dans le cadre du processus d'approbation des plans.

La présente directive s'applique par analogie aux nouvelles installations de tunnels ferroviaires déjà en cours de construction pour lesquelles une charge a imposé l'équipement radio de sécurité POLYCOM.

La présente directive ne concerne pas les terminaux.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

3 Bases

Selon la loi sur les chemins de fer (LCdF; RS 742.101), l'OFT est l'autorité de surveillance des entreprises ferroviaires. Il veille à ce que les installations ferroviaires soient construites, exploitées, entretenues et renouvelées selon le dernier état de la technique.

Selon l'ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (ordonnance sur les accidents majeurs, OPAM; RS 814.012), le propriétaire d'une voie de communication doit entre autres prendre des mesures appropriées pour limiter autant que possible l'impact des accidents majeurs. Dans ce contexte, les entreprises ferroviaires doivent dresser un plan d'intervention pour les accidents majeurs avec les forces d'intervention et s'en servir pour effectuer des exercices périodiques. Un des éléments importants de ce plan d'intervention est aussi la communication avec les forces d'intervention. Comme cette communication s'effectue essentiellement par radio, elle doit être harmonisée entre les entreprises ferroviaires et les services de sauvetage civils. En Suisse, il est prévu que toutes les forces d'intervention utilisent le système radio numérique POLYCOM.

Un complément d'informations sur POLYCOM est fourni au chapitre 8, sources [2] - [4] et à l'adresse suivante :

<http://www.babs.admin.ch/fr/aufgabenbabs/kommsysteme.html>

La directive « exigences de sécurité pour les tunnels ferroviaires existants » (cf. chapitre 8, source [1]) classe les tunnels (dans les catégories de tunnels A à D). Elle indique pour chaque classe de tunnels les mesures de sécurité à mettre en œuvre obligatoirement et à étudier.



4 Exigences techniques

4.1 Situation initiale

Parallèlement à l'introduction progressive de POLYCOM pour les AOSS dans toute la Suisse, certaines classes de tunnels ferroviaires seront équipées de POLYCOM (cf. chapitre 8, source [1], directive « exigences de sécurité pour les tunnels ferroviaires existants »). Les forces d'intervention des AOSS disposeront ainsi, pour maîtriser les événements dans les installations de tunnels, d'un système radio qui permettra la communication avec les AOSS et les entreprises ferroviaires grâce à l'équipement radio adéquat.

Cela présuppose qu'au moins tous les tunnels ferroviaires des classes C et D soient équipés de POLYCOM. Mais il faut garder à l'esprit que POLYCOM ne doit pas être utilisé pour la radiocommunication à usage professionnel.

4.2 Domaines de couverture radio avec POLYCOM

La couverture radio POLYCOM dans le périmètre d'un tunnel ferroviaire comprend en règle générale au moins les domaines suivants :

- tous les tubes ferroviaires
- toutes les voies de fuite et galeries de fuite, dans la mesure où elles sont empruntées selon le plan d'intervention des équipes d'intervention et de sauvetage
- les zones des portails conformément aux prescriptions des plans d'intervention respectifs

4.3 Délimitation du système

Lorsque l'on équipe un tunnel ferroviaire d'un service de radiocommunication mobile, on distingue le réseau radio, qui retransmet ce service, du système de radio du tunnel, qui (comme une rallonge d'antenne) propage le signal du réseau dans le tunnel (cf. **Figure 1**).



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Exemples de services de radiocommunication mobile utilisés dans les tunnels ferroviaires :

- radio-trains et radio du service de manœuvre pour l'exploitation ferroviaire, p. ex. GSM-R
- GSM-Public et UMTS pour la communication mobile des passagers (y c. GSM-R Roaming)
- POLYCOM pour les forces d'intervention des AOSS en cas d'événement

Les exploitants du système sont responsables de la planification, de la réalisation et de l'exploitation des réseaux de radiocommunication.

Les exploitants de l'infrastructure ferroviaire sont responsables de la planification, de la réalisation et de l'exploitation des systèmes de radio du tunnel.

L'interface systémique entre les réseaux de radiocommunications et le système de radio du tunnel est en principe l'interface haute fréquence entre la station de base du réseau et l'entrée du système de radio du tunnel. Dans des cas particuliers, les deux interfaces doivent être coordonnés et précisés avec les exploitants du réseau (cf. aussi 4.7).

4.4 Éléments d'un système de radio du tunnel

La Figure 1 présente une synopsis des éléments fondamentaux d'un système de radio du tunnel. Les liaisons qu'il contient sont des liaisons logiques. Le présent chapitre est conçu à titre d'exemple. D'autres architectures avec d'autres termes sont concevables.

4.4.1 Stations de tête

La tâche principale de la station de tête est de convertir les signaux de et vers les stations de base des réseaux de radiocommunications (signaux HF) en signaux optiques et de les transmettre par connecteur pour fibres optiques (CFO) aux diverses stations de tunnel ST.

La station de tête surveille également les postes de radio-tunnel et le câble rayonnant et fournit le statut du système de radio du tunnel au système de surveillance et de gestion (RT OMC) et au poste de commande (PC) (cf. Figure 1). Les câbles rayonnants alimentés unilatéralement et les antennes ne sont pas surveillés.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

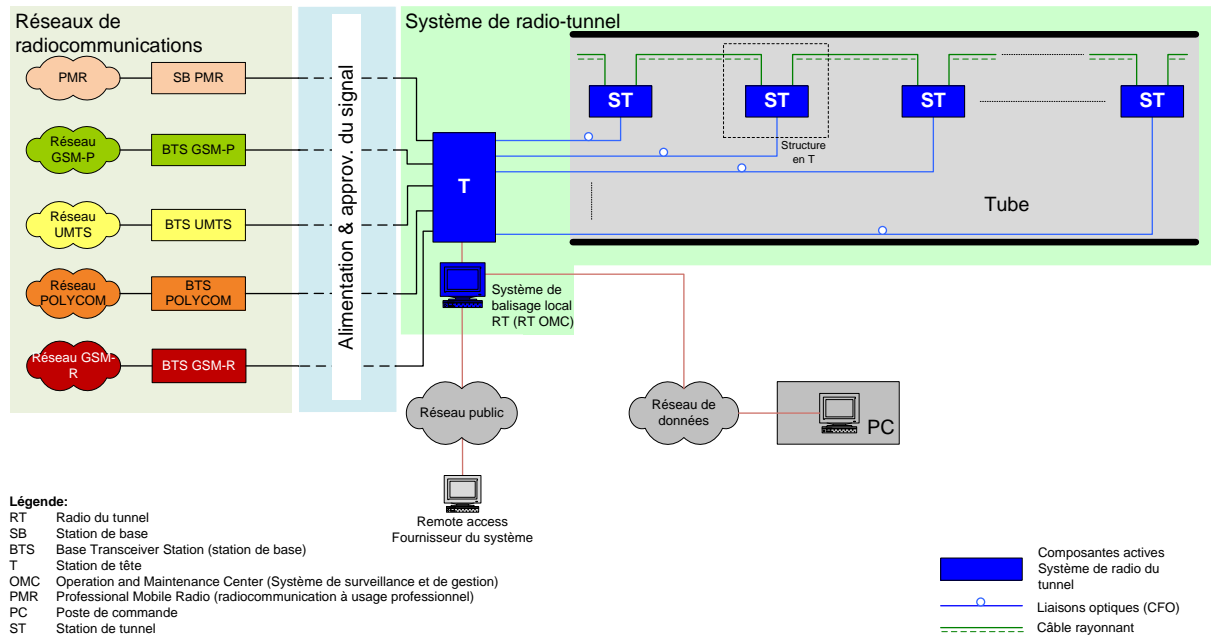


Figure 1 : Eléments d'un système de radio du tunnel

4.4.2 Stations de tunnel

Les stations de tunnel installées à intervalles réguliers dans les tubes (en règle générale env. 1000 m) reconvertissent les signaux optiques reçus de la station de tête en un signal électrique, l'amplifient et le transmettent au câble rayonnant ou aux antennes.

Les stations de tunnel sont exposées aux conditions extrêmes qui règnent dans le tunnel (poussière métallique, poussière de freins, humidité ambiante, températures etc.). Il faut donc les réaliser en tenant compte des conditions ambiantes. Les matériaux d'installation et de montage doivent être protégés contre la corrosion.

4.4.3 Système rayonnant

Le système rayonnant dans le tunnel utilise des antennes et des câbles rayonnants. Le câble rayonnant est employé à l'intérieur du tunnel (tubes ferroviaires). Les antennes entrent en action év. lorsqu'une desserte extérieure au portail est nécessaire. Ces systèmes de rayonnement doivent être dimensionnés de sorte que les fréquences à desservir dans le tunnel puissent bénéficier d'une transmission optimale.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Pour les longs tunnels, le câble rayonnant est subdivisé en segments d'env. 1000 m sur la longueur du tunnel, qui sont alimentés bilatéralement par deux stations de tunnel. La couverture radio n'est donc que très faiblement compromise si le câble rayonnant est endommagé ou interrompu (en cas d'interruption du câble rayonnant, il peut se produire une lacune de couverture locale). Le domaine de couverture radio ne s'étend que sur quelques mètres autour d'un segment de câble rayonnant. Le câble rayonnant entre deux stations de tunnel doit être électriquement ininterrompu pour les fréquences POLYCOM.

Si l'on dévie du principe de l'alimentation électrique des segments de câble des deux côtés, il faut procéder à une estimation des risques et la remettre à l'OFT avec le projet d'approbation des plans.

Le câble rayonnant prévu doit remplir au moins les conditions suivantes :

- CEI 332-1 difficilement inflammable
- CEI 754-1/-2 sans halogène et non corrosif
- CEI 1034 faible dégagement de fumée

Si le signal passe par un câble rayonnant préexistant qui ne remplit pas les conditions mentionnées ci-dessus, il faut mentionner et examiner cette dérogation dans le cadre de la procédure d'approbation des plans (PAP).

Les antennes n'offrent pas la même largeur de bande qu'un câble rayonnant. Cela signifie qu'il faut employer plusieurs antennes pour les divers services radio dans diverses bandes de fréquences. Mais leur montage est beaucoup plus simple. De plus, les antennes permettent de mieux combler les lacunes de couverture.

Le montage du câble rayonnant et, en règle générale, des composantes radio dans les tunnels doit tenir compte entre autres des points suivants :

- Toutes les composantes (y c. le câble rayonnant) doivent se trouver en dehors du gabarit d'isolement du tunnel.
- La position du câble rayonnant doit être choisie de manière à garantir la meilleure qualité possible de la liaison radio.
- Les installations doivent être conçues pour que les trains / trains de marchandises ne puissent pas les endommager lors de leur passage (vent de marche, air comprimé, bâches etc.).
- Toutes les mises à la terre doivent être conformes aux prescriptions ad hoc dans l'environnement ferroviaire.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

4.4.4 Topologie CFO

Les stations de tunnel sont raccordées à partir de la station de tête au moyen de CFO en étoile éventuellement redondants (cf. chapitre 4.8).

4.4.5 Système de surveillance et de gestion

Le système de surveillance et de gestion de l'installation radio-tunnel (RT OMC), formé du système de balisage local (cf. Figure 1), est responsable de la configuration et de la surveillance du système de radio du tunnel. La commande du RT OMC peut se faire soit sur place à la station de tête soit de manière délocalisée sur un serveur, p. ex. dans le poste de commande. Outre les pannes d'installation radio-tunnel, il permet aussi d'identifier la perte d'un signal entrant d'un réseau de radiocommunication.

Les annonces et les alarmes des divers réseaux de radiocommunications convergent toutefois vers les systèmes de surveillance de l'exploitant du réseau. Celui-ci peut identifier la défaillance d'une BTS.

4.5 Prescriptions de dimensionnement

4.5.1 Introduction

Le présent chapitre fixe les prescriptions minimales de dimensionnement nécessaires. Suivant les conditions et les exigences (plan d'intervention), il faut prendre en compte des bases de dimensionnement supplémentaires spécifiques à chaque projet des entreprises ferroviaires.

4.5.2 Nombre de canaux POLYCOM

Le système de radio du tunnel doit transmettre tous les canaux radio POLYCOM de la desserte extérieure dans le tunnel. Ceux-ci sont au nombre de 8 au moins et de 16 au plus par cellule. Des exceptions sont possibles en accord avec les forces d'intervention concernées et avec les exploitants de réseaux partiels POLYCOM.

Pour des raisons de redondance ou si les signaux POLYCOM de deux cantons sont requis, le tunnel est équipé de deux cellules (cf. aussi chapitre 4.8).

C'est la seule manière de garantir que la communication entre les forces d'intervention en cas d'événement fonctionne impeccablement dans le tunnel et en dehors.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

4.5.3 Conditions minimales pour la couverture radio

4.5.3.1 Généralités

Les conditions minimales générales suivantes Uplink et Downlink s'appliquent à tout le tronçon de transmission :

- Le temps de transit qui s'écoule entre le découplage à la station de base POLYCOM et le rayonnement du signal au câble rayonnant doit être inférieur à 15 μ s.
- Le seuil de sensibilité d'un terminal POLYCOM s'élève à -111 dBm. Le niveau d'émission maximal du terminal est de 2 W (33 dBm).
- Les linkbudgets Uplink et Downlink sont en principe dimensionnés de manière symétrique (ou bien Uplink est supérieur ou égal à Downlink) dans le but de garantir la communication avec le terminal POLYCOM à la ceinture. La présente directive n'a pas pour objet la communication dans le train (couverture In-Train).
- Le rapport signal-bruit (signal to noise ratio, S/N) doit être respecté en Uplink et Downlink et s'élève à au moins 20 dB pour une largeur de canal de 10 kHz.
- Le système rayonnant ne doit générer aucune intermodulation (IM) gênante conformément aux prescriptions de l'OFCOM et de l'ETSI (cf. chapitre 8, sources [5] - [10]). Les émissions dans le tunnel peuvent aussi employer des systèmes d'amplification à large bande. Les produits d'intermodulation qui en résultent en règle générale dans le tunnel ne doivent pas dépasser la valeur de -36 dBm, plus la valeur de l'atténuation de couplage du câble rayonnant. Les produits d'intermodulation ne doivent pas se propager en plein air.
- Pour obtenir les valeurs spécifiées ci-dessus, il faut mesurer en principe le tunnel dans les deux sens.
- Il faut éviter autant que possible les changements de cellule dans les tunnels (Handover).

4.5.3.2 Downlink

On applique les conditions minimales suivantes :

- Le niveau de couverture radio doit atteindre au moins -87 dBm en régime normal du système de radio du tunnel avec une probabilité de lieu de 95 % (niveau Rx nominal, cf. annexes 10.3 et 10.4).
- Le segment de câble rayonnant est alimenté (selon la structure T) de chaque côté par une station de tunnel (ST). En cas de défaillance d'une ST (cas de dérangement) le niveau de couverture radio à l'endroit critique du segment de câble rayonnant (normalement l'endroit où se trouve la ST en panne) doit encore être garanti avec -99 dBm et une probabilité de lieu de 95 % (niveau Rx non redondant, cf. annexe 10.3).



Référence du dossier : BAV-411.16//116

- L'écart statistique est de 20 m (cf. annexe 10.4).
- Le taux d'erreur binaire en régime normal du système de radio du tunnel doit être inférieur à 2 % à l'endroit le plus critique dans le tunnel (cf. annexes 10.2 et 10.3).

4.5.3.3 Uplink

L'Uplink doit être dimensionné de sorte que les exigences conformément aux chapitres 4.5.3.1 et 4.5.3.2 soient prises en compte.

La voiture/wagon électrotechnique qui mesure la qualité de la couverture radio est équipée d'un émetteur avec un signal et un niveau d'émission définis. La force du signal de l'émetteur choisie doit prendre en compte le linkbudget calculé (cf. annexe 10.4). En parcourant le tunnel, on peut mesurer la qualité du signal entrant à la station de tête (chapitre 4.5.3.1).

4.6 Couverture des portails de tunnel

Les AOSS compétentes pour le réseau partiel POLYCOM dans le tunnel sont responsables de la couverture extérieure jusqu'aux portails des tunnels ferroviaires dans l'intensité de champ et dans la qualité exigées par les prescriptions de planification de l'OFPP.

Le réseau partiel POLYCOM se base sur le principe de couverture cellulaire avec haute intensité de couverture dans toute la zone de couverture. Si un participant mobile passe d'une cellule à l'autre, un événement se produit pour le changement de cellule (Handover) du participant parce que l'appareil mobile est annoncé à la station de base de la prochaine cellule. Ce processus entraîne une brève interruption de couverture. Si le tunnel assure la liaison avec la prochaine cellule radio, l'interruption due au système en cas de changement de cellule devrait se produire autant que possible non pas dans le tunnel, mais à l'air libre.

On prévoira le cas échéant une couverture des portails par des antennes. En fin de compte, la conception doit comporter des limites de cellules qui se superposent, c'est-à-dire que le participant mobile dispose d'une intensité de champ décroissante dans la zone de transition de la cellule quittée et d'une intensité de champ croissante de la « nouvelle » cellule. Si nécessaire, en cas de changement de cellule dans un tunnel, les signaux de deux cellules doivent être présents dans le tunnel.

Le rayonnement du système de radio du tunnel à l'air libre doit correspondre aux prescriptions en vigueur de l'OFCOM et de l'ETSI. L'établissement d'une installation d'antenne est régi par l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement (ORNI).

Les antennes doivent être protégées contre les éclairs et les surtensions.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

La planification des installations radio-tunnel, notamment l'alimentation et l'approvisionnement du signal (cf. chapitre 4.7) doit être coordonnée avec la planification du réseau POLYCOM. Il y a également lieu de prendre en compte les pénétrations de la desserte extérieure dans le tunnel, afin d'empêcher les changements de cellule indésirables.

4.7 Alimentation et approvisionnement du signal à partir du réseau partiel POLYCOM

L'approvisionnement du signal à partir du réseau partiel POLYCOM pour le raccordement à la station de tête peut se faire par diverses méthodes :

- raccordement par câble à la station de base préexistante (avec CFO ou câble coaxial)
- raccordement avec Répéteur Air
- raccordement à une station de base POLYCOM spécifique au tunnel

Afin que la conception de ce raccordement ait la qualité requise, les plans de raccordement doivent être établis par l'OFPP en concertation avec les entreprises ferroviaires. L'OFPP a produit pour ce faire une étude documentée de tous les tunnels ferroviaires concernés en Suisse en matière d'alimentation et d'approvisionnement du signal (cf. exemple au chapitre 8, source [8]). Ces plans d'alimentation et d'approvisionnement du signal pour l'intégration de la RT aux réseaux partiels POLYCOM sont classés dans l'EXTRANET de l'OFT.

Les entreprises ferroviaires et les représentants des AOSS cantonales, ainsi que les membres du groupe de travail POLYCOM dans les tunnels ferroviaires ont accès aux plans de raccordement par un code de connexion.

4.7.1 Raccordement par câble à la station de base préexistante

Cas : il existe déjà une station de base POLYCOM propre à la couverture des tunnels à proximité de la station de tête radio-tunnel.

Dans ce cas, on peut raccorder la station de tunnel à la station de base par une conduite d'alimentation (CFO ou câble coaxial pour une faible distance).

Du point de vue de la technique et de l'exploitation, la sortie de la station de base POLYCOM forme ici l'interface (A). Le CFO ou le câble coaxial d'alimentation ainsi que le quantificateur électrique-optique sont de la responsabilité de l'entreprise ferroviaire.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

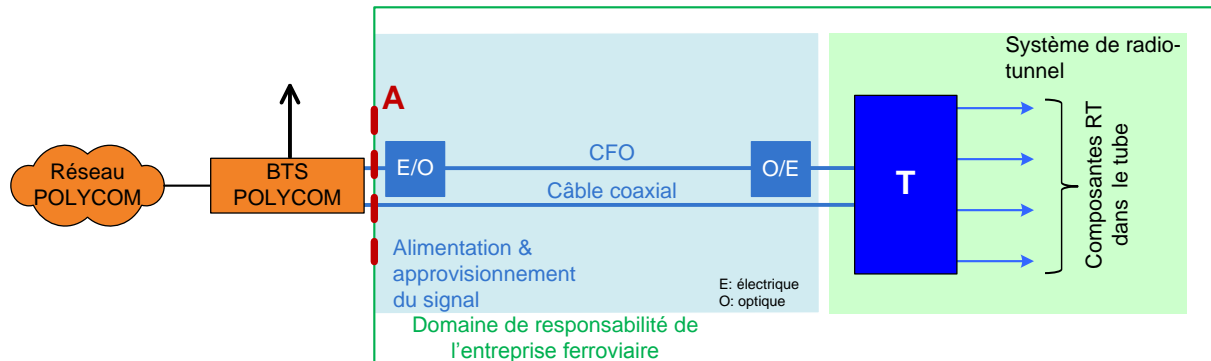


Figure 2 : raccordement par câble à la station de base d'un réseau partiel POLYCOM

4.7.2 Raccordement avec Répéteur Air

Cas : il n'existe aucune station de base POLYCOM à proximité de la station de tête, toutefois le signal extérieur POLYCOM est puissant et de bonne qualité.

Les signaux de l'extérieur sont captés par une antenne prévue à cet effet, amplifiés par le Répéteur et transmis via stations de tête aux stations de tunnel (Downlink). En Uplink, les signaux des appareils de radiocommunication mobile dans le tunnel sont captés par le câble rayonnant et émis via les stations de tunnel, la station de tête et le Répéteur Air jusqu'à la station de base POLYCOM qui les reçoit.

Conditions requises pour une telle solution :

- Le niveau minimal du signal à l'antenne du Répéteur Air doit atteindre -60 dBm par support.
- La station de base POLYCOM devrait autant que possible être visible depuis l'antenne Répéteur Air.
- La puissance des signaux étrangers dans la bande devraient être inférieure d'au moins 10 – 20 dB à celle des signaux utiles.
- Les Répéteurs doivent satisfaire aux prescriptions en vigueur de l'OFCOM et de l'ETSI (cf. chapitre 8, sources [5] - [10]).

L'interface technique et d'exploitation (A) est ici l'espace aérien entre l'antenne de la station de base POLYCOM et l'antenne réceptrice du Répéteur Air. L'entreprise ferroviaire est responsable de l'acquisition, de la surveillance et de la maintenance du Répéteur Air.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

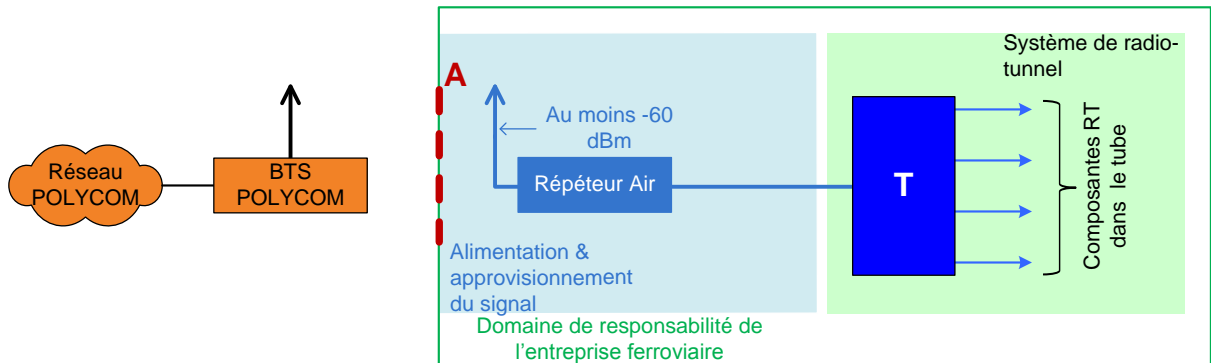


Figure 3 : Raccordement avec Répéteur Air

4.7.3 Raccordement à la station de base POLYCOM souterraine

Cas : il n'existe aucune station de base POLYCOM propre à la couverture du tunnel à proximité de la station de tête et le signal extérieur POLYCOM est trop faible.

Dans ce cas, il faut disposer d'une station de base POLYCOM séparée pour le système de radio du tunnel. La station de tête du système de radio du tunnel est reliée directement avec la station de base POLYCOM par HF ou CFO. L'intégration de cette station de base POLYCOM doit être coordonnée avec l'exploitant du réseau partiel POLYCOM concerné (exploitant RP). La construction est exclusivement sous la responsabilité de l'exploitant du réseau extérieur (PAP, planification etc.). L'entreprise ferroviaire fournit son aide lors de la construction sur le territoire ferroviaire .

L'interface technique et d'exploitation (A) est ici la sortie de la station de base POLYCOM. Le câble de liaison entre station de base et station de tête est du domaine de responsabilité de l'entreprise ferroviaire.

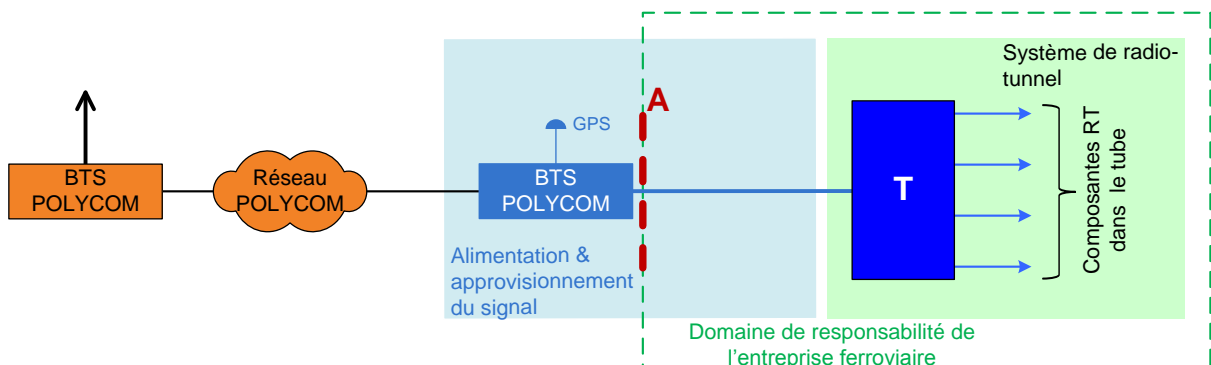


Figure 4 : Raccordement à la station de base POLYCOM



Référence du dossier : BAV-411.16//116

4.7.4 Raccordement pour des projets spéciaux

Certains cas complexes entraînent un besoin de coordination accru entre exploitant de tunnel ferroviaire et exploitant du réseau, p. ex. :

- Si la longueur du tunnel excède 10 km
- S'il y a des groupes de tunnels
- S'il y a un tunnel hélicoïdal
- S'il y a des arrêts d'urgence ou des postes multifonctionnels dans les tunnels

Pour ces projets, il faut en sus accorder une attention particulière aux aspects suivants et les examiner :

- stations de base POLYCOM à l'intérieur du tunnel
- synchronisation de plusieurs stations de base POLYCOM au moyen de signaux GPS (principe de réseau iso-fréquences)
- besoin de coordination avec l'OFPP

4.7.5 Enregistrements

L'enregistrement d'entretiens radio n'est pas du domaine de responsabilité de l'OFT et ne fait pas partie du système de radio du tunnel. Les enregistrements dans le domaine des tunnels ferroviaires sont soumis aux mêmes règles qu'à l'extérieur pour le réseau partiel POLYCOM.

4.8 Redondance et disponibilité

La redondance et partant, la disponibilité du système de radio du tunnel doit être concertée avec le plan d'intervention de l'entreprise ferroviaire pour les cas d'événements. C'est pourquoi il faut l'évaluer au cas par cas pour chaque tunnel, et procéder à l'estimation des risques.

En principe, il faut réaliser une couverture POLYCOM redondante pour tous les tunnels ferroviaires du type D conformément à la directive de l'OFT «Exigences de sécurité pour les tunnels ferroviaires existants» (cf. chapitre 8, source [1]). Cela signifie que l'alimentation POLYCOM dans le tunnel doit être réalisée des deux côtés et indépendamment l'un de l'autre (cf. Figure 5). Suivant la situation géographique du tunnel et la planification du réseau partiel POLYCOM, il est possible de couvrir le



Référence du dossier : BAV-411.16//116

tunnel par deux cellules POLYCOM différentes ou même par deux réseaux partiels POLYCOM, ce qui donne dans le tunnel deux cellules radio POLYCOM à couverture indépendante.

Il n'est pas exigé de poser deux câbles rayonnants pour des raisons de redondance. Toutefois, l'alimentation électrique de la station de tête et des stations de tunnel doit permettre d'exécuter le plan d'intervention lors d'événements (cf. exemple ci-après).

S'il fallait déroger à ce principe dans les tunnels de type D, l'entreprise ferroviaire devrait effectuer une estimation des risques et/ou de la proportionnalité et la faire examiner par l'OFT.

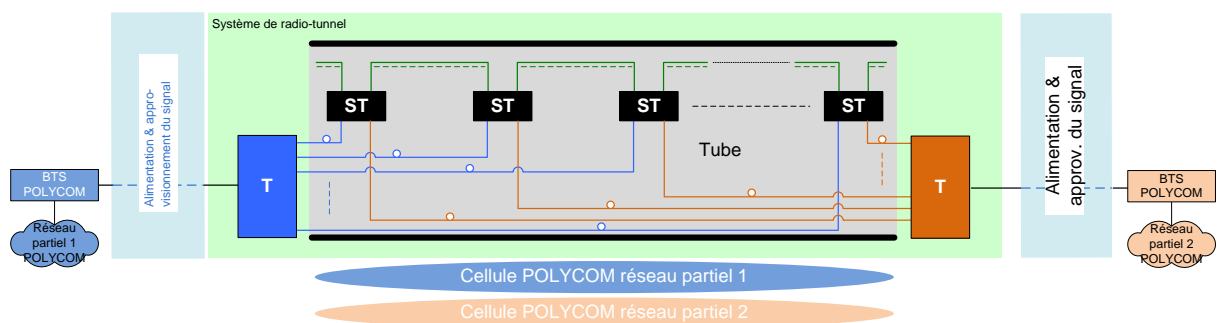


Figure 5 : Couverture radio redondante d'un tunnel ferroviaire avec POLYCOM

En cas d'événement, il est également possible que les forces d'intervention apportent des dispositifs de communication mobiles supplémentaires sur le lieu de l'événement, p. ex. des relais radio mobiles (Independent Digital Repeater, IDR), des câbles et composants de communication temporaires etc. De telles solutions s'imposent aussi dans les tunnels courts qui ne sont pas équipés de la radio-tunnel.

Exemple : lorsque le plan d'intervention de l'entreprise ferroviaire exige que la communication dans le tunnel soit p. ex. maintenue pendant 45 minutes après l'occurrence de l'événement, il faut planifier et dimensionner les éléments nécessaires de l'équipement radio-tunnel. Par conséquent, la question de la redondance est associée spécifiquement au plan d'intervention de l'entreprise ferroviaire, lequel doit être concerté avec les AOSS. Une estimation des risques est nécessaire.



5 Planification de la mise en œuvre, réalisation et réception technique

Les entreprises ferroviaires doivent élaborer une planification de la mise en œuvre pour le montage de POLYCOM. Elle doit être concertée avec la planification des réseaux de radiocommunication POLYCOM (Confédération, cantons) et avec les plans d'intervention cantonaux. L'annexe [A] de la présente directive contient une liste de contrôle pour élaborer la planification de la mise en œuvre (conception globale) et le plan de montage pour l'installation radio-tunnel ainsi que le rapport à l'OFT.

La construction d'installations POLYCOM à l'intérieur et en dehors de tronçons en tunnel exige une procédure d'approbation des plans régie par le droit ferroviaire de l'OFT. Pour les emplacements en dehors de tunnels avec des modifications de la situation RNI, on exécute en règle générale une procédure ordinaire avec publication des plans. Les installations en tunnels peuvent en principe passer par une procédure simplifiée. Parallèlement aux documents requis conformément à l'article 3 de l'ordonnance du 2 février 2000 sur la procédure d'approbation des plans pour les installations ferroviaires (OPAPIF; RS 742.142.1), le dossier doit notamment contenir une feuille de données RNI du site ainsi que des explications sur la mise à jour du plan d'intervention.

Le plan d'intervention sera révisé et actualisé en fonction du post-équipement avec POLYCOM. L'accord des services cantonaux compétents sur des plans d'intervention nouveaux ou mis à jour doit être présenté à l'OFT après achèvement du projet.

Les étapes de mise en œuvre d'un tel projet sont en règle générale les suivantes :

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Etablissement de la conception globale y c. déclarations sur le plan d'intervention (cf. liste de contrôle annexe [A], chap. 10.1) | entreprise ferroviaire |
| 2. Elaboration et soumission de la PAP | entreprise ferroviaire |
| 3. Approbation de la PAP par l'OFT | OFT |
| 4. Mise en œuvre et réalisation | entreprise ferroviaire |
| 5. Révision du plan d'intervention avec les services cantonaux | entreprise ferroviaire |
| 6. Rapport final à l'OFT : mesures de réception technique, plan d'intervention mis au net, accord des services cantonaux | entreprise ferroviaire |
| 7. Approbation par l'OFT conformément à la disposition dans la PAP | OFT |

L'entreprise ferroviaire doit apporter à l'OFT la preuve que la présente directive est mise en œuvre avec les prescriptions et conditions générales qu'elle contient et que les mesures de réception technique ont été exécutées.

Les annexes 10.2 et 10.4 décrivent des possibilités d'exécuter les mesures de réception technique.



Référence du dossier : BAV-411.16//116

6 Exploitation et entretien

Avant la mise en exploitation, la conception d'exploitation doit être soumise à l'OFT. Elle doit être harmonisée avec le ch. [4] au chapitre 8. Elle décrit et régit les questions d'exploitation ferroviaire ainsi que les aspects suivants :

- compétences en matière d'exploitation et d'entretien.
- accès aux composantes dans les locaux d'exploitation et dans le tunnel.
- maintenance préventive du câble rayonnant et des composantes dans le tunnel ferroviaire.
Dans le cadre de la réalisation et de la documentation du système de radio du tunnel, il faut aussi vérifier les valeurs de référence du système après saisie et les réajuster en cas d'écart. Ceci nécessite une réglementation entre l'exploitant POLYCOM, l'entreprise ferroviaire et le fournisseur du système de radio du tunnel.

Après une absence de courant ou après une défaillance de la connexion des données, l'installation doit repasser automatiquement au statut opérationnel.



7 Glossaire

7.1 Offices, autorités et organisations

Abréviation	Développement
OFPP	Office fédéral de la protection de la population
OFCOM	Office fédéral de la communication
OFT	Office fédéral des transports
AOSS	Autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité
ETSI	European Telecommunications Standards Institute : Editeur de normes internationales et de prescriptions pour la technique de communication
Cgfr	Corps des gardes-frontière
CEI	Commission électrotechnique internationale, (en anglais IEC, International Electrotechnical Commission : organe international de normalisation ayant son siège à Genève pour les normes dans le domaine de l'électrotechnique et de l'électronique)
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

7.2 Termes techniques et abréviations

Terme	Signification
Taux d'erreur binaire, BER	Bit Error Rate, taux d'erreur binaire : unité de mesure de la qualité de la transmission sur les tronçons de transmission numérique en technique de télécommunication et de réseau.
BS	Station de base (angl. Base Station)
BTS	Station de base pour POLYCOM, GSM et UMTS (angl. Base Transceiver Station)
dB, dBm	Le niveau de puissance L_P (en dB) est défini comme suit : $L_P = 10 \log(P/P_0)$ Il s'agit du rapport logarithmique entre une puissance considérée P et une puissance de référence P_0 (grandeur de référence, référence). Si la grandeur de référence $P_0 = 1 \text{ mW}$, alors le niveau de puissance est indiqué en dBm.
Effet Doppler	L'effet Doppler désigne la modification de la fréquence perçue ou mesurée



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Terme	Signification
	d'ondes pendant que la source et l'observateur se rapprochent ou s'éloignent l'un de l'autre (mouvement relatif).
Downlink	Désignation de la liaison de communication de la station de base au participant mobile.
ERP	Effective Radiated Power : puissance de rayonnement d'une antenne, calculée à partir de la puissance fournie à l'antenne et du gain d'antenne.
GPS	Global Positioning System : système de positionnement mondial par satellite
GSM	Global System for Mobile Communication : terme générique pour tous les services radio qui reposent sur le standard GSM
GSM-P, GSM-Public	Global System for Mobile Communication – Public : le terme GSM-P comprend toutes les prestations de service GSM offertes par les exploitants GSM publics.
GSM-R	Global System for Mobile Communication – Rail : GSM-R constitue la future plate-forme de communication pour l'ensemble de la communication de l'exploitation ferroviaire. Les CFF exploitent le système du réseau de radiocommunication mobile GSM-R. L'accès aux prestations de service GSM-R est ouvert à tous ceux qui disposent d'un terminal GSM-R. Il s'agit prioritairement des employés des entreprises ferroviaires. Les voyageurs ne peuvent pas téléphoner sur ce système de radiocommunication mobile.
GSM-R Roaming	Une partie du réseau de tronçons CFF n'aura pas de couverture radio GSM-R propre. Pour que la communication avec les trains et avec le personnel de train fonctionne quand même, les CFF ont conclu un contrat de Roaming avec le Public Provider Swisscom Mobile (GSM-P). Ainsi, les participants au GSM-R peuvent aussi téléphoner dans les zones de Suisse sans couverture radio GSM-R.
Handover	Désigne dans un réseau de télécommunication mobile (par exemple GSM ou UMTS) le processus par lequel le terminal mobile (station mobile) passe d'une cellule radio à l'autre pendant un entretien ou une connexion de données.
HF	Haute fréquence (angl. High Frequency, HF) désigne pour la transmission radio la bande de fréquences de 3 à 30 MHz. En électrotechnique et en technique de télécommunication, le terme haute fréquence désigne en général les hautes fréquences des signaux électriques et électromagnétiques.
Hz, kHz, MHz	Abréviations pour Hertz, Kilo-Hertz, Mega-Hertz : unité de mesure de la fréquence.
IDR	POLYCOM permet aussi une communication lorsqu'il n'existe aucune infrastructure fixe. On peut communiquer en mode direct, à condition que les terminaux se trouvent dans la portée radio. Si la région de la catastrophe est très étendue ou si sa topographie est trop difficile pour que les équipes d'intervention puissent communiquer entre eux en mode direct, on peut réaliser une couverture radio temporaire avec un « Independent Digital



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Terme	Signification
	Repeater » (IDR). En installant un IDR sur un endroit élevé, il est possible de couvrir provisoirement une région étendue de la catastrophe avec un canal infrastructurel. Les utilisateurs peuvent étendre leur portée radio en mode IDR.
Intermodulation, IM	Intermodulation (IM) désigne en technique de télécommunication la production de composants spectraux indésirables par des fonctions de transmission non linéaires d'éléments de circuit, lorsqu'au moins deux fréquences différentes doivent être traitées.
Facteur K, facteur d'antenne	Pour déterminer les intensités de champ des ondes électromagnétiques à l'aide d'antennes ainsi que pour produire des champs définis, il est décisif de connaître les données des antennes. Les principales valeurs indicatives des antennes sont le gain d'antenne et la caractéristique d'antenne (facteur d'antenne ou facteur K). Le gain d'antenne peut se comprendre comme une caractéristique de forme d'un type d'antenne. Le plus souvent, on se réfère à une « antenne isotrope fictive », utilisée comme aide au calcul, bien qu'elle ne soit pratiquement pas réalisable. Le gain d'antenne permet de calculer la caractéristique d'antenne correspondant. Le gain est principalement nécessaire lorsqu'il faut produire des intensités de champ définies, p. ex. lors de tests d'immunité au bruit. Lorsqu'il faut déterminer l'intensité de champ en réception, on utilise la caractéristique d'antenne.
Câble coaxial	Câble bipolaire de construction concentrique. Il est formé du conducteur interne (âme), elle-même entourée à espacement constant d'un conducteur à cylindre creux. L'espace intermédiaire consiste en un isolateur ou diélectrique. Le diélectrique peut être formé d'air en tout ou en partie. Le plus souvent, le conducteur extérieur est protégé de l'extérieur par un manteau isolant, résistant à la corrosion et étanche.
Atténuation de couplage	Ce paramètre détermine le découplage de l'énergie du câble rayonnant dans les abords immédiats d'une antenne réceptrice. L'atténuation de couplage est influencée par l'ordonnement des ouvertures dans le câble rayonnant et par des interférences et des réflexions aux abords du câble.
Station de tête	Convertisseur d'un système de radio du tunnel. Il sert de point de départ de la couverture radio en tunnel. Tous les signaux des stations de tunnel et à celles-ci convergent dans la station de tête.
λ	Longueur de l'onde électromagnétique (onde radio).
Linkbudget, gain du canal	Le gain du canal ou linkbudget est l'unité de mesure en technique de télécommunication de la qualité d'un canal de transmission. Il est indiqué en dB et calculé selon un modèle simple par addition du niveau d'émission, de la sensibilité du récepteur, du gain d'antenne de l'atténuation en espace libre et d'autres pertes de transmission.
TES	Train d'extinction et de sauvetage
PC	Poste de commande
CFO	Connecteur pour fibres optiques : avec les modules émetteurs et récepteurs requis, on peut transmettre des signaux à haute et basse fréquence pratiquement sans perte sur de longs tronçons de connecteurs pour fibres



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Terme	Signification
	optiques. On distingue entre connecteur pour fibres optiques single mode ou monomode pour les longs tronçons avec ample largeur de bande / fréquences et connecteur pour fibres optiques multimode pour les liaisons locales / réseaux.
ORNI	Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant
OMC	Operation and Maintenance Center (centrale d'exploitation et d'entretien pour réseau de télécommunications) : l'OMC assure l'exploitation du réseau.
Probabilité de lieu	La probabilité de lieu sert à indiquer en pour-cent à combien de points de mesurage sur un tronçon déterminé le signal recherché est « disponible ». Exemple : lorsque le niveau de réception minimal doit être de -87 dBm avec une probabilité de lieu de 95 %, cela signifie que le niveau du signal de réception doit être meilleur que, c'est-à-dire supérieur à -87 dBm sur au moins 95 % du tronçon considéré.
PAP	Procédure d'approbation des plans
PMR	Abréviation de Professional Mobile Radio ou Private Mobile Radio.
POLYCOM	Réseau radio des forces d'intervention suisses des AOSS en cas d'événement, réservé exclusivement à leurs besoins de communication. La technique du système repose sur la norme TETRAPOL.
Remote access	Accès à distance
Rx	Abréviation pour réception ou récepteur
Rapport signal-bruit S/N	Le rapport signal-bruit (perturbateur, bruit, écart signal-bruit, abrégé SNR ou S/N de l'anglais signal-to-noise ratio) est une unité de mesure de la qualité technique d'un signal utile provenant d'une source recouverte par un signal parasite. Il est défini comme le rapport entre la puissance moyenne du signal utile de la source et le bruit moyen du signal parasite.
NSR, PDR	Niveau supérieur du rail, plan de roulement
Câble rayonnant	Il s'agit de conducteurs électriques utilisés comme des antennes horizontales. Câbles coaxiaux avec de petites fentes ou ouvertures dans le conducteur extérieur (manteau), par lesquelles le signal HF peut rayonner ou être capté sur toute la longueur du câble. Le câble rayonnant permet notamment d'assurer la couverture radio de longs espaces confinés (p. ex. tunnels) régulièrement et à peu de frais. La désignation « câble rayonnant » repose sur l'image mentale du ruissellement radial d'une partie de la haute fréquence à partir du câble.
RT	Radio-tunnel
ST	Station de tunnel : sert au traitement des signaux envoyés et captés dans le tunnel.
Système de radio du tunnel	Un système de radio du tunnel consiste en un ou plusieurs stations de tête avec les stations de tunnel qui leurs sont raccordées, y c. le système local de balisage RT (RT OMC).
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Services : UMTS est un réseau de communication mobile proposé par les exploitants UMTS publics. Les



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Terme	Signification
	systèmes UMTS actuels travaillent dans les plages de fréquences 1900 MHz (Uplink) et 2100 MHz (Downlink). Des travaux sont en cours pour qu'ils soient aussi compatibles avec les plages 900MHz.
Uplink	Désignation de la liaison de communication du participant mobile à la station de base.



8 Répertoire des sources

- [1] Directive «Exigences de sécurité pour les tunnels ferroviaires existants », Office fédéral des transports (OFT), 10 août 2009
- [2] Principes techniques de POLYCOM, Office Fédéral de la Protection de la Population (OFPP), Version 2.6.2., 17.05.2006
- [3] Données générales concernant la planification de la couverture radio, des emplacements et des fréquences, Office Fédéral de la Protection de la Population (OFPP), Version 2.6.4., 17.05.2006
- [4] Disponibilité, maintenance et réparation de l'infrastructure du système POLYCOM, Office Fédéral de la Protection de la Population (OFPP), Version 2.4.1, 14.05.2007
- [5] NT-3002 : Guide technique Mise sur le marché, mise en place, mise en service et exploitation des réémetteurs PMR à l'intérieur des tunnels, des galeries couvertes ou semi couvertes, des immeubles et des garages souterrains, OFCOM, version 1.0, 01.03.2004
- [6] Final draft ETSI EN 300 113-1 V1.4.1 (2001-12) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and/or speech) using constant or non-constant envelope modulation and having an antenna connector; Part 1 : Technical characteristics and methods of measurement
- [7] ETSI EN 300 113-2 V1.3.1 (2003-07) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and/or speech) using constant or non-constant envelope modulation and having an antenna connector; Part 2 : Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive
- [8] ETSI EN 300 086-1 V1.3.1 (2008-09) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land Mobile Service; Radio equipment with an internal or external RF connector intended primarily for analogue speech; Part 1 : Technical characteristics and methods of measurement
- [9] ETSI EN 300 086-2 V1.1.1 (2001-03) : Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land Mobile Service; Radio equipment with an internal or external RF connector intended primarily for analogue speech; Part 2 : Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive
- [10] ETSI ST 101 789-1 V1.1.2 (2007-04) : Terrestrial Trunked Radio (TETRA); TMO Repeaters Part 1 : Requirements, test methods and limits
- [11] ETAVIS, CFF : concept tunnel ferroviaire, Intégration RT POLYCOM, section de voie nœud de Bâle, Version 1.0, 26.11.2009 (Exemple)



Référence du dossier : BAV-411.16//116

9 Entrée en vigueur

La présente directive entre en vigueur le 7 juin 2010.

OFFICE FÉDÉRAL DES TRANSPORTS

Dr. P. Füglistaler

Directeur



Référence du dossier : BAV-411.16//116

10 Annexes



Référence du dossier : BAV-411.16//116

10.1 Annexe [A] : liste de contrôle

Liste de contrôle pour la planification de la mise en œuvre (conception globale) et le plan de montage des installations de radio-tunnel POLYCOM :

- Situation initiale
- Mandat
- Puissance, coûts et délais
- Financement
- Exigences techniques
- Conceptions sectorielles
- Equipement, formation
- Test de fonctionnement
- Interfaces
- Exploitation et entretien
- Harmonisation avec les organisations partenaires
- Concept d'engagement et de sauvetage en cas d'événement (y c. TES)
- Estimation des risques
- Documentation (couverture radio et système)
- Réactions, fourniture des données de projet



10.2 Annexe [B] : taux d'erreur binaire

Commentaires sur la détermination du taux d'erreur binaire (Bit Error Rate, BER)

Le contenu des bits d'information sur le canal de contrôle (Control Channel, CCH) n'est pas connu dans le réseau opérationnel. C'est pourquoi il faut procéder à une mesure spéciale du BER qui prend en compte cet état de fait. La Figure 6 présente le schéma théorique du déroulement d'une telle mesure. Le BER déterminé par cette procédure est parfois aussi appelé Viterbi Error Flag Rate (VEFR).

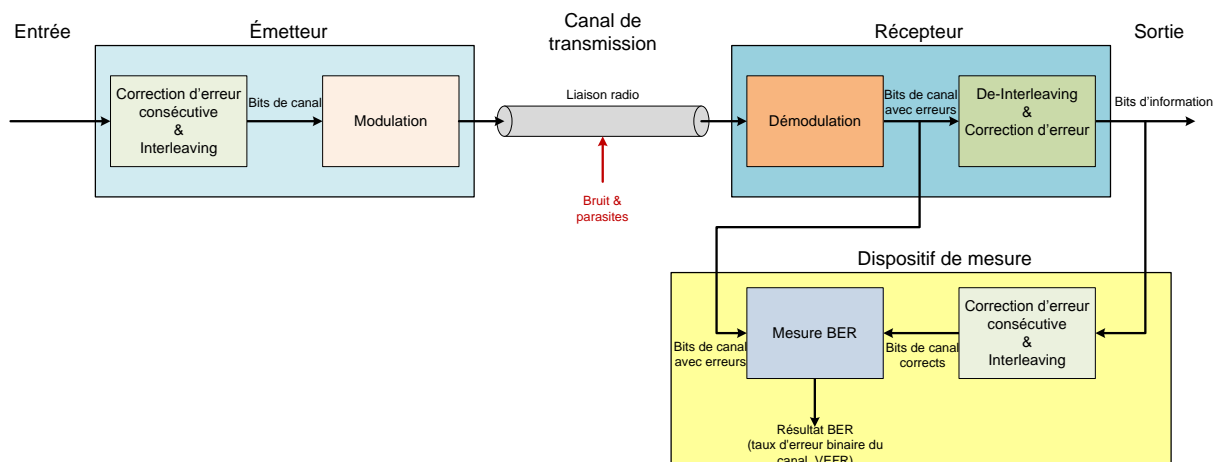


Figure 6 : Schéma théorique de détermination du taux d'erreur binaire (BER)

Les bits d'information sont pourvus dans l'émetteur d'un mécanisme de correction d'erreur et de l'interleaving ou entrelacement (bits de canal), puis modulés sur le signal-support HF. Après le passage par le canal radio, le signal HF capté du canal de contrôle activé est démodulé. Les bits de canal ainsi produits sont en partie défectueux en raison de bruit et de dérangements lors du passage par le canal radio. Des bits d'information corrects sont produits au moyen du De-Interleaving (démêlage) et de la correction d'erreur consécutive. Si l'on applique à ce flux binaire d'information correct à la sortie du récepteur le même algorithme qu'au mécanisme de correction d'erreur et à l'interleaving dans l'émetteur, on obtient des bits de canal artificiels corrects, que l'on peut comparer au moyen de la mesure BER avec les bits de canal réels défectueux obtenus à la sortie du démodulateur et obtenir le taux d'erreur binaire (VEFR).

Au sens strict, le VEFR correspond au taux d'erreur binaire du canal et pas au taux binaire d'information. Cette méthode de mesure part du principe que les bits d'information captés après la



Référence du dossier : BAV-411.16//116

correction d'erreur sont à nouveau corrects. Si toutefois le taux d'erreur des bits de canal est tel qu'il en résulte des bits d'information incorrects malgré la correction d'erreur, le VEFR ne correspond plus exactement au taux d'erreur binaire du canal. Mais ceci ne pose pas de problème car dans un tel cas, le VEFR serait tellement élevé que la qualité de transmission serait inutilisable.



10.3 Annexe [C] : tracé du niveau de signal

Commentaires sur le tracé du niveau de signal entre les stations de tunnel (Downlink)

Régime normal

La Figure 7 représente le tracé du niveau de signal théorique idéal dans le tunnel, tel qu'il est produit par les stations de tunnel (ST) et les segments de câble rayonnant. L'amplitude du signal est la plus forte à proximité de la ST et diminue à mesure qu'il s'en éloigne. Comme le segment de câble rayonnant est alimenté des deux côtés par une ST (alimentation redondante conformément à la structure T), les deux tracés du niveau se superposent. Au milieu du segment de câble rayonnant, la somme de la superposition de l'amplitude du signal est donc la plus faible (point critique en régime normal du système de radio du tunnel). Afin d'assurer la qualité de la couverture radio sur tout le segment de câble rayonnant avec alimentation redondante, le niveau Rx sur tout le segment de câble ne doit pas être inférieur à la valeur nominale.

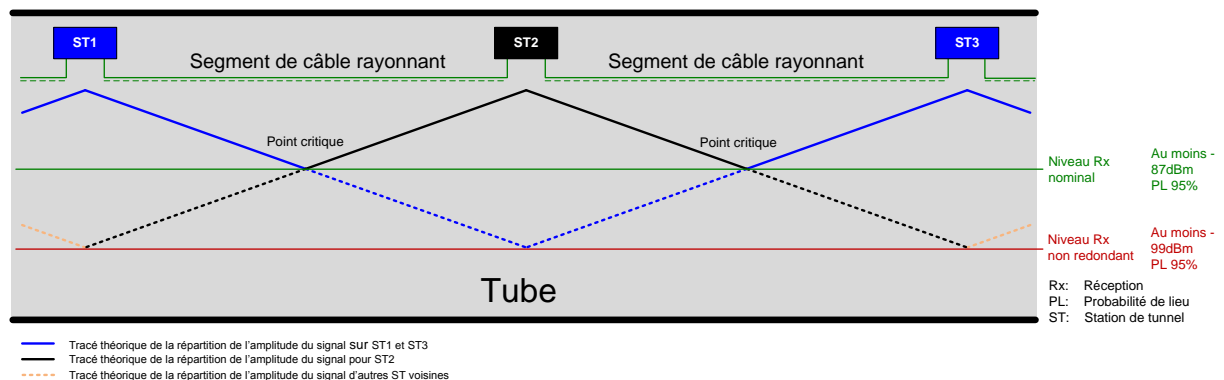


Figure 7 : Tracé théorique de la répartition de l'amplitude du signal dans un tunnel entre les stations de tunnel en Downlink avec alimentation redondante aux deux extrémités des segments de câble rayonnant (régime d'exploitation normal)

Cas de dérangement

En cas de défaillance de p. ex. ST2 (cas de dérangement), l'alimentation électrique dans les deux segments de câble rayonnant ne se fait plus des deux côtés (alimentation non redondante). Il n'y a donc plus de superposition de l'amplitude du signal dans les deux segments de câble concernés, d'où un tracé du niveau de signal correspondant à la Figure 8. Pour que la communication dans la section



Référence du dossier : BAV-411.16//116

de tunnel concernée soit pourtant assurée par une couverture radio d'une qualité minimale suffisante, il faut veiller à ce que le signal au point à présent critique à ST2 ne tombe pas en dessous du niveau Rx défini en couverture non redondante (ligne rouge sur la Figure 8). Dans ce cas, la qualité de la couverture radio est inférieure à celle du régime d'exploitation normal, mais elle suffit encore pour communiquer. La restriction est que la qualité de l'élocution en souffre sans toutefois entraver la compréhension. Grosso modo, cela signifie qu'il faut parler « un peu plus distinctement ».

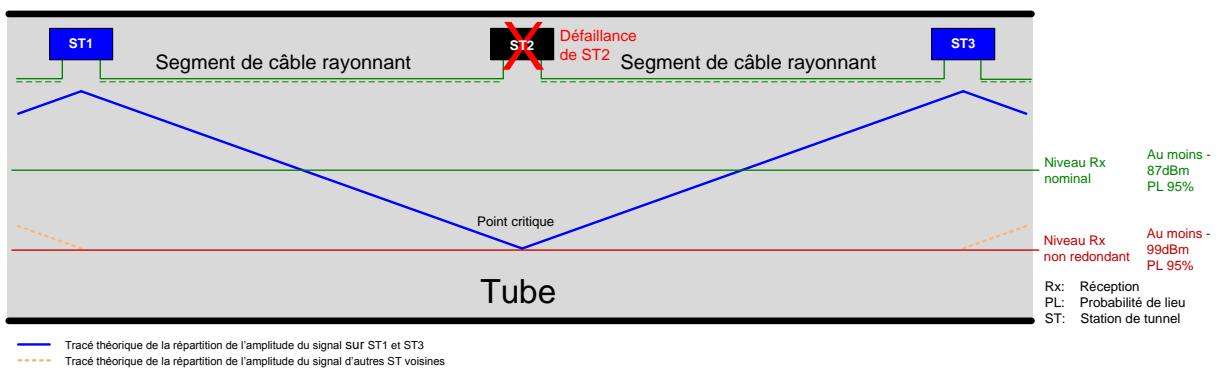


Figure 8 : Tracé théorique de la répartition de l'amplitude du signal dans un tunnel entre les stations de tunnel en Downlink avec alimentation non redondante aux deux extrémités des segments de câble rayonnant (cas de dérangement)



10.4 Annexe [D] : système de mesure

Exemple de système de mesure et d'une mesure

Système de mesure

Objectifs du système de mesure et du mesurage :

- Utiliser des appareils de mesure et composants disponibles dans le commerce.
- Pouvoir mesurer automatiquement pendant la course.
- Enregistrer en continu les valeurs mesurées pendant la course.

La Figure 9 illustre une structure théorique exemplaire du système global de mesure.

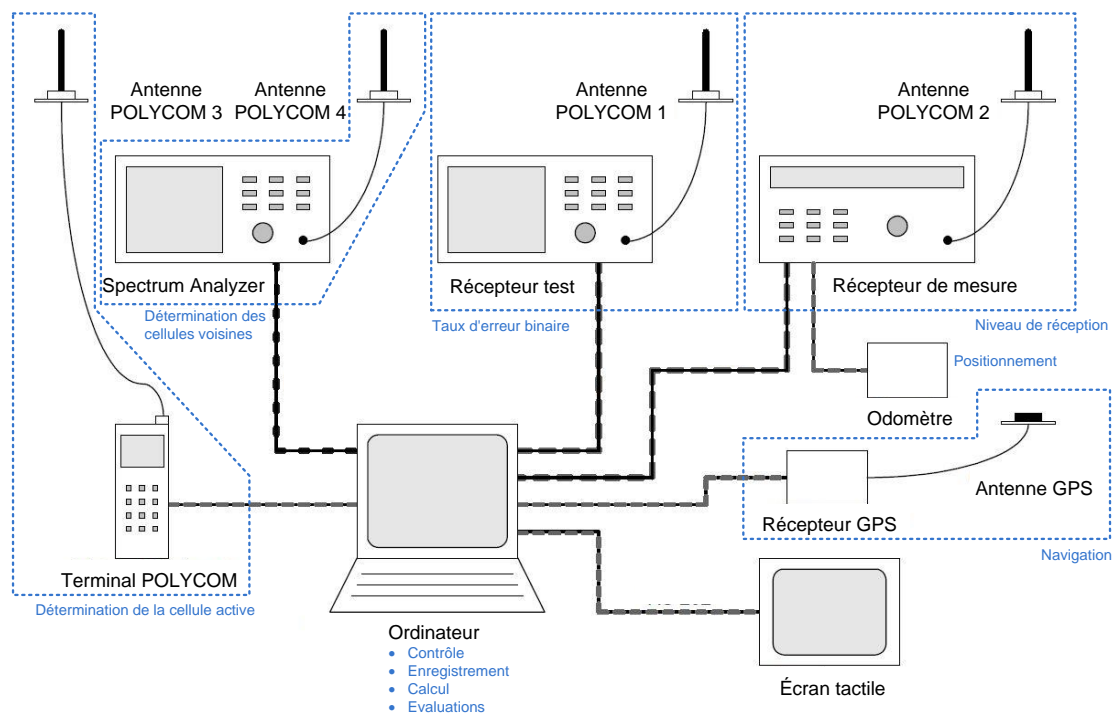


Figure 9 : Exemple de structuration du système de mesure



Référence du dossier : BAV-411.16//116

Mesures Downlink

Ce système de mesure permet de déterminer les paramètres et valeurs suivants :

- Détermination de la cellule active (s'il y a plusieurs cellules radio)
Pour déterminer la cellule active, on utilise en mesure automatique un terminal POLYCOM conventionnel. Le terminal fournit à l'ordinateur sur l'interface série (RS-232) l'identification de la cellule (cell-ID) sur laquelle le terminal est connecté. À l'aide d'une liste des stations de base enregistrée dans l'ordinateur, on détermine le code en quatre lettres et son numéro de canal POLYCOM, à savoir la fréquence du canal de contrôle de la cellule active. Pour effectuer une mesure automatique, il faut disposer d'une couverture suffisante dans un réseau partiel POLYCOM opérationnel. Si la fréquence est saisie manuellement, on peut aussi utiliser des générateurs de signal comme source-test.
- Intensité de champ des cellules voisines (s'il y a plusieurs cellules radio)
Pour déterminer les intensités de champ des cellules voisines, on emploie un Spectrum Analyzer (analyseur de spectre). Le spectre des fréquences POLYCOM est scanné en permanence et inscrit dans la liste des stations de base. Les canaux de contrôle des cellules voisines qui sont attribuées à la cellule active sont mesurés. Les canaux les mieux reçus correspondent aux cellules voisines les plus puissantes dans la liste des stations de base.
- Mesure du niveau de signal de réception
Pour déterminer le niveau de réception, on emploie un récepteur de mesure. La fréquence, c'est-à-dire le canal de contrôle, est déterminée par la cellule active du terminal POLYCOM et de la liste des stations de base. Pour mesurer le niveau des cellules voisines, on utilise les deux canaux voisins les plus puissants de la mesure par scanner. La saisie parallèle du niveau des cellules voisines actives et des plus puissantes, y c. de leurs positions, se fait pendant la course.
- Mesure du taux d'erreur binaire (Bit Error Rate, BER, cf. aussi annexe 10.2)
La mesure du taux d'erreur binaire se fait sur le canal de contrôle de la cellule active au moyen d'un récepteur test, que l'on utilise pour la numérisation du signal haute fréquence. Le logiciel de l'ordinateur détermine la valeur mesurée (démodulation, filtrage, détection des bits, mesure du taux d'erreur). La mesure du taux d'erreur binaire se base sur la cellule active du terminal POLYCOM.
- Ecart statistique
Pendant le parcours dans le tunnel, le système calcule la moyenne de toutes les valeurs mesurées des 20 derniers mètres. L'écart statistique est donc de 20 m. L'écart entre les valeurs mesurées doit pourtant être choisi de manière à déceler aussi les trous de fading (évanouissement) (p. ex. à des intervalles de $\lambda/4$). Aux fréquences POLYCOM d'env. 400 MHz, ceci donne une longueur d'ondes théorique de $\lambda = 75$ cm. En d'autres termes, une valeur de mesure devrait être saisie env. tous les 20 cm pendant le parcours en tunnel. Il en



Référence du dossier : BAV-411.16//116

résulte une valeur moyenne par écart statistique, déterminée à partir de 100 valeurs individuelles.

- Détermination de la position dans le tunnel
Pour cette mesure, il faut disposer d'un odomètre qui produit, conformément aux exigences d'écart statistique, une impulsion pour le déclenchement du récepteur de mesures au moins tous les 20 cm.
- Position des antennes réceptrices dans le tunnel
Les antennes réceptrices ou de mesure sont des antennes $\lambda/4$ optimisées pour la plage de fréquences 390 – 395 MHz (antennes de loc homologuées). Sur les lignes à voie normale, ces antennes devraient se trouver à 4.10 m au dessus du niveau supérieur du rail (NSR) centrées sur le toit de la voiture électrotechnique. Le facteur K des antennes et le facteur de correction des conduites HF au récepteur de mesure doivent être saisis dans le logiciel de mesure de l'ordinateur qui les traite en conséquence.
- Navigation (pour déterminer la position lors de mesures en dehors des tunnels)
Pour la navigation, un récepteur GPS conventionnel avec gyrocompas intégré est piloté sur une interface série.

Mesures Uplink

- L'antenne émettrice pour les mesures Uplink est une antenne $\lambda/4$ optimisée pour la plage de fréquences 390 – 395 MHz sur un terminal POLYCOM courant.
- L'antenne émettrice devrait se trouver à 4.10 m au dessus du NSR, centrée sur le toit de la voiture électrotechnique et émettre à une puissance de 2 W ERP.
- La position émettrice dans le tunnel pour le régime d'exploitation normal du système de radio du tunnel se trouve au point critique indiqué à la Figure 7. Elle doit effectuer au moins la mesure au point critique.
- La station de tête du système de radio du tunnel ne peut mesurer que le niveau Uplink ou le rapport signal-bruit (S/N).
- Les calculs rétroactifs (p. ex. réduction du niveau d'émission dues à différentes façons de porter le terminal) peuvent être effectués a posteriori.