

PMR et Tetrapol abrége

Table des Matières

01 Synopsis		06 Le large bande sans fil pour les forces de sécurité	13
02 La radiocommunication mobile professionnelle - introduction	03	Options de migration vers le large bande sans fil	
- Définitions de l'UIT et segmentation - Les technologies radio analogiques et numériques - Comparaison entre réseaux mobiles publics et réseaux PMR pour la sécurité publique - Équipements radio et réseaux - Station de base (Base Station) - Commutateurs (Switches) - Mise en réseau - Terminaux portatifs et mobiles (Handheld Radio Terminal, Mobile Terminal) - Centre de gestion opérationnelle (dispatcheurs) - Supervision du réseau (administration technique)	04	07 Résumé et conclusion	14
03 Le marché de la radiocommunication mobile professionnelle	07	08 Liste des acronymes	15
- Technologies et fabricants - Les utilisateurs et leurs raisons pour changer de système - Exigences des utilisateurs - Les atouts du standard TETRAPOL - Diffusion du standard TETRAPOL			
04 La migration sur IP	10		
Avantages du Protocole Internet			
05 La PMR en Suisse : TETRAPOL	12		
- POLYCOM : le réseau radio suisse de sécurité - État de progression du déploiement			

Synopsis

Ce document offre un aperçu général des standards de radiocommunication adoptés par les utilisateurs professionnels tels que les autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS). L'auteur présente les principaux atouts des systèmes de radiocommunication à ressources partagées ainsi que les fonctionnalités essentielles de la radiocommunication mobile professionnelle (PMR), avec une attention particulière au standard TETRAPOL. Il décrit ensuite l'état du marché mondial de la PMR, ses principaux segments ainsi que l'évolution de la base installée.

Ce document se termine sur quelques éclaircissements relatifs à la discussion actuelle sur l'implémentation d'une solution Wireless Broadband spécifique aux AOSS.

La radiocommunication mobile professionnelle - introduction

Définitions de l'UIT et segmentation

La classification officielle établie par l'Union Internationale des Télécommunications prévoit quatre types de radiocommunication: terrestre mobile, navale, aéronautique et satellitaire; le premier (Land Mobile Radio Systems), qui compte aussi le nombre d'utilisateurs le plus élevé, est subdivisé à son tour en deux catégories, les systèmes de radiocommunication publique et non publique.

Cette présentation succincte traitera principalement de la radiocommunication mobile non publique et notamment de la radiocommunication mobile professionnelle (Professional Mobile Radio - PMR), ainsi que des réseaux d'entreprise. Sur le plan technique, les systèmes de la radiocommunication mobile professionnelle diffèrent de ceux - conçus pour maximiser les bénéfices - de la radiocommunication publique dans la mesure même où les attentes et les besoins exprimés par leurs utilisateurs respectifs divergent considérablement. À la différence des réseaux publics, les systèmes de PMR d'aujourd'hui présentent des caractéristiques telles que l'établissement rapide des communications, les appels de groupe et les appels prioritaires, la numérotation spécifique aux organisations d'utilisateurs, le cryptage de bout en bout, un centre de gestion opérationnelle supervisant le trafic réseau ainsi que des terminaux performants et souvent durcis. Exigence placée en tête de liste par les utilisateurs professionnels, seuls les terminaux portatifs et mobiles des réseaux PMR peuvent communiquer entre eux en mode direct non relayé par l'infrastructure réseau, mais non les téléphones portables et les smartphones des réseaux mobiles publics.

L'exploitation des réseaux mobiles publics suit des objectifs commerciaux. Leur couverture privilégiée, par exemple, les zones les plus rentables. Le choix de l'infrastructure radio va vers les produits les moins onéreux, etc.

La réalisation de fonctionnalités particulières remettrait en cause la rentabilité des réseaux publics ou serait impossible avec des équipements réseau standards.

Les technologies radio analogiques et numériques

Les systèmes analogiques à canaux fixes dont le déploiement remonte à plusieurs décennies ont commencé à atteindre leurs limites de capacité quand les ressources radio disponibles diminuaient alors que le nombre d'utilisateurs était en forte croissance. «Canaux fixes» signifie dans ce contexte qu'une fréquence est attribuée de façon permanente à un utilisateur, une organisation ou un service de données. Il s'agit d'un service de communication voix limité de façon exclusive au mode bidirectionnel («talkie-walkie»).

Quand tous les terminaux communiquent sur la même fréquence, ce type de communication se transforme automatiquement en mode «canal ouvert».

Cette pratique a donné lieu au développement des systèmes de radiocommunication analogiques à ressources partagées, systèmes qui offraient alors une solution immédiate au problème de pénurie des fréquences, tout en permettant de servir efficacement un nombre plus élevé d'utilisateurs. Les systèmes de radiocommunication à ressources partagées (trunked radio communication) sont caractérisés par l'allocation dynamique des canaux aux utilisateurs et services de données.

Les réseaux radio analogiques à ressources partagées sont des réseaux cellulaires, les communications de chaque terminal étant gérées de façon centrale en fonction de la cellule et du canal alloué. Les informations de gestion sont transmises aux terminaux par un canal particulier dit canal sémaphore ou de contrôle. L'évolution de la radiocommunication mobile dans les différents pays a donné lieu au développement d'un grand nombre de systèmes propriétaires, mais aussi à des tentatives de normalisation qui ont finalement abouti au standard MPT1327, largement répandu aujourd'hui.

Les premières fonctionnalités spécifiques (boutons d'appel de détresse ...) sont apparues dans ce contexte. Les progrès technologiques accomplis ces dernières années dans tous les domaines de la télécommunication ont eu pour conséquence la montée en force de nouvelles solutions numériques au détriment des systèmes analogiques.

Les systèmes de radiocommunication numérique à ressources partagées représentent aujourd'hui l'état de la technique en matière de radiocommunication mobile professionnelle. Ils allient une gestion des ressources de grande efficacité spectrale à des équipements numériques dont les algorithmes avancés permettent d'obtenir une qualité audio fortement améliorée et une transmission à la fois plus sûre (faible taux d'erreurs de bits) et mieux sécurisée (confidentialité).

Partage des ressources par allocation dynamique des canaux: capacité augmentée

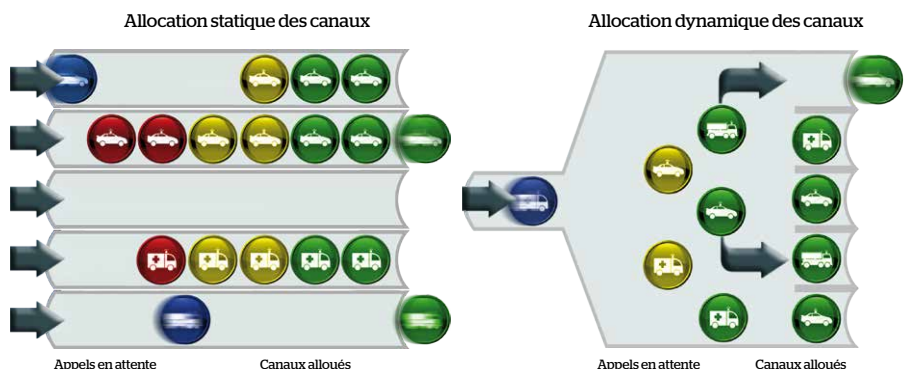


Figure 1 : Partage des ressources radio par allocation dynamique

Comparaison entre réseaux mobiles publics et réseaux PMR pour la sécurité publique

Une comparaison générale des architectures propres aux réseaux mobiles publics et aux réseaux mobiles professionnels (PMR) fait apparaître un certain nombre de points communs : l'entité de commutation (ou de routage) centrale, les stations de base qui permettent aux terminaux de bénéficier des fonctionnalités de commutation et un certain nombre de bases de données et de systèmes de gestion et d'administration, grâce auxquels l'opérateur et les organisations de support assurent la continuité du service. Un examen plus attentif révèle aussitôt des différences fondamentales entre ces deux types de réseaux. La fonctionnalité de base des réseaux PMR est la communication de groupe : les participants d'une communication de groupe sont en permanence à l'écoute, un seul parmi eux étant autorisé à parler à la fois. Les communications individuelles (d'utilisateur à utilisateur) sont possibles, mais restent l'exception. Les réseaux mobiles publics sont quant à eux optimisés pour les communications voix ou données individuelles et peuvent gérer un nombre d'utilisateurs bien plus élevé. Mais il existe encore d'autres éléments de différenciation entre réseaux PMR pour la sécurité publique et réseaux mobiles publics :

- ▶ Bonne couverture radio sur tout le territoire, même en montagne et en zone rurale
- ▶ Disponibilité élevée en permanence grâce à une redondance à plusieurs niveaux d'architecture
- ▶ Plusieurs modes dégradés
- ▶ Alimentation de secours sur tous les sites et batteries de sauvegarde adaptées aux scénarios les plus pessimistes
- ▶ Fonctionnalités offertes : communications de groupe, communications individuelles et appels de détresse
- ▶ Possibilité de communication non relayée par l'infrastructure et même hors zone de couverture grâce, respectivement, au mode de communication directe (DMO) entre terminaux et au mode relais via relais radio mobile (IDR)
- ▶ Réservation d'une quantité définie de ressources radio à chaque organisation d'utilisateurs afin de garantir la confidentialité et la disponibilité permanente de ressources

- ▶ Cryptage de bout en bout
- ▶ Capacité multiorganisation : communications entre organisations d'utilisateurs en vue d'une gestion efficace des situations de crise et des événements de masse
- ▶ Intégration complète de centres et postes de gestion opérationnelle pour la coordination des forces sur le terrain.

L'ensemble de ces fonctionnalités spécifiques aux réseaux PMR et indispensables aux acteurs de la sécurité publique sera présenté en détail dans les pages qui suivent.

Équipements radio et réseaux

Les réseaux radio numériques à ressources partagées comprennent une grande variété d'équipements d'infrastructure et de terminaux, comme indiqué dans cette illustration et les présentations ci-dessous.

Station de base (Base Station)

Une station de base est une station d'émission et de réception équipée de l'infrastructure matérielle pour abriter les équipements de radiocommunication ainsi que l'antenne. Sa zone de couverture constitue une cellule d'un réseau cellulaire. Le nombre de canaux physiques offerts par les émetteurs-récepteurs de la station de base peut être choisi en fonction du nombre d'organisations et d'utilisateurs à prévoir (charge de trafic évaluée à partir d'hypothèses de travail). Les canaux physiques sont soit des canaux sémaphores (gestion) soit des canaux de trafic (communication voix et données). Le nombre de canaux réservés au trafic phonie et données est fixe, de sorte que l'allocation puisse être hiérarchisée en fonction des priorités.

Suite aux progrès importants enregistrés au cours de ces dernières années, les stations de base n'abritent plus désormais qu'une seule armoire, même en configuration maximale. Grâce à leur conception multibande, elles peuvent accueillir les équipements des systèmes large bande du standard LTE, c'est-à-dire la radiocommunication mobile de 4e génération, pour la communication de données.

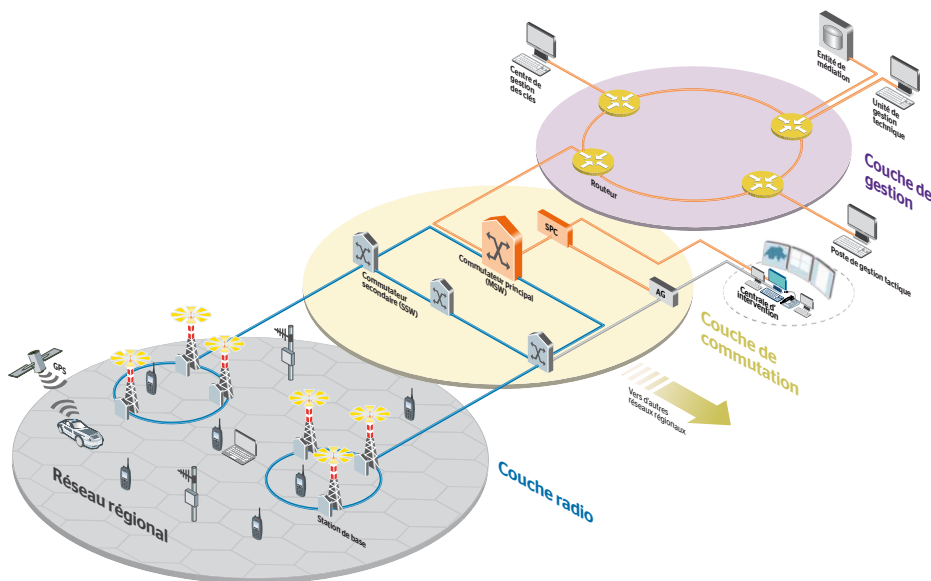


Figure 2 : Exemple d'architecture en standard TETRAPOL TDM

Commutateurs (Switches)

Les communications voix et données provenant de plusieurs cellules sont regroupées et commutées, ou plutôt routées, grâce à ces systèmes. Toutes les stations de base sont reliées aux commutateurs par l'intermédiaire de faisceaux hertziens ou de câbles optiques ou coaxiaux. La redondance (dédoublage ou maillage) de certaines liaisons permet d'améliorer la fiabilité du système. Le déchiffrement des communications voix et données n'a lieu qu'au niveau des passerelles vers le RTC et vers les salles de commandement ou centrales d'engagement. Ces mêmes passerelles permettent de transmettre des données vers des réseaux d'ordinateurs basés IP.

Si chaque commutateur principal du standard ancien occupait une armoire entière, il est désormais remplacé par un ordinateur industriel performant et beaucoup plus compact tel que le nœud de contrôle «Control Node» montré en Figure 2. Les systèmes TETRAPOL IP les plus récents offrent des communications voix s'appuyant sur le protocole Internet (VoIP) et un routage de paquets assuré par le logiciel.

Mise en réseau

Outre le protocole Internet (IP), les technologies de multiplexage par répartition dans le temps (Time Division Multiplexing, TDM) telles que PDH conviennent également pour les réseaux de base, ou backbones, de la plupart des systèmes PMR. Dans une majorité de pays industrialisés, ces technologies sont cependant arrivées en fin de vie ou plutôt, à la fin de la période de support garantie par les fabricants. Cette obsolescence a des conséquences pour les systèmes et les composants, notamment en ce qui concerne l'évolution du prix des équipements et des prestations de support. La technologie IP est donc sans aucun doute le choix à retenir pour les réseaux PMR en cours de déploiement.

Terminaux portatifs et mobiles (Handheld Radio Terminal, Mobile Terminal)

Il existe des terminaux radio portatifs et mobiles (ces derniers étant destinés aux véhicules à deux ou quatre roues). Leur puissance de sortie diffère dans la mesure où les terminaux portatifs doivent satisfaire à la double exigence contradictoire d'une puissance de sortie élevée et d'une autonomie maximale entre deux recharges. La puissance varie typiquement entre 2 W (portatifs) et 10 W (mobile). Les terminaux sont disponibles avec ou sans module pour le cryptage de bout en bout. Les terminaux peuvent également communiquer entre eux sans passer par l'infrastructure du réseau grâce au mode direct et au mode relais (modes « talkie-walkie »). Les communications sont cryptées et décryptées dans les terminaux radio (End-to-End Encryption). Suivant l'architecture choisie, le décryptage est supprimé au niveau des stations de base.

Centre de gestion opérationnelle (dispatcheurs)

Les postes de gestion opérationnelle sont généralement intégrés aux salles de commandement ou aux centrales d'engagement où ils servent notamment à la gestion des fonctionnalités spécifiques (priorités d'appel, interruption des communications, appels entre organisations/groupes d'utilisateurs différents, interrogation des bases de données ou des systèmes d'information) en vue d'une coordination et d'un commandement optimaux des effectifs engagés. Les opérateurs des salles de commandement coordonnent également les transferts d'appels en provenance et en direction du réseau téléphonique commuté.

Supervision du réseau (administration technique)

L'administration technique consiste à procéder aux réglages fondamentaux et à (re)définir les paramètres techniques indépendamment de la gestion opérationnelle. Situées à un niveau hiérarchique élevé, les unités d'administration technique sont notamment chargées d'assurer une exploitation optimale et d'en modifier les règles si nécessaire.

Le marché de la radiocommunication mobile professionnelle

La société d'études de marché IMS Research estime à 20 % seulement la part des terminaux PMR numériques sur un total de 41 millions d'unités en service dans le monde. La part restante de 80 % utilise une technologie analogique. Le numérique a cependant le vent en poupe. La part des systèmes PMR numériques devrait atteindre 45 % à la fin 2016 ¹.

Transparency Market Research estime que le volume global du marché de la PMR se montait à 10,5 milliards de dollars en 2013 ². Les systèmes analogiques continuent à se tailler la part du lion – un résultat qui tend à confirmer les constats d'IMS Research. Le chiffre avancé correspond à l'ensemble des segments de marché concernés. Dans les segments de la sécurité publique, la majorité des pays industrialisés a migré vers des systèmes numériques. Transparency Market Research se montre cependant plus prudent en ce qui concerne le rythme de la transition au numérique, en pronostiquant qu'une part d'environ 50% du marché aura été conquise par les technologies numériques en 2020, quand le volume de ce marché aura atteint une valeur globale de 30 milliards de dollars.

La même société a publié les résultats suivants (cf. Figure 3) pour les différents segments en 2013:

Les principaux standards de la PMR numérique sont :

- ▶ TETRA, un standard ETSI défini vers 1996 et très répandu depuis 2000
- ▶ TETRAPOL, un standard industriel développé par Airbus et publiquement accessible
- ▶ P25, principal standard numérique d'Amérique du Nord
- ▶ DMR (Digital Mobile Radio), un standard ETSI basé TDM
- ▶ dPMR, un standard ETSI basé FDM

Les standards DMR et dPMR sont généralement choisis par des opérateurs régionaux pour des plateformes de communication commerciales destinées, par exemple, aux entreprises des transports publics ou de la logistique. Pour les standards TETRA et TETRAPOL, les deux forums de fabricants ³ respectifs avancent les chiffres de 3,5 millions et de 1,85 million d'utilisateurs.

Technologies et fabricants

Les standards TETRAPOL et TETRA correspondent aux besoins spécifiques des réseaux PMR locaux, régionaux et nationaux destinés aux autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS), mais aussi aux exigences des réseaux de radiocommunication mobile privée utilisés par des entreprises industrielles et des transports publics. Ceci étant, la part des AOSS n'a cessé d'augmenter parmi les clients et utilisateurs de ces deux standards.

Deux standards de radiocommunication numérique à ressources partagées sont actuellement en lice sur les marchés des pays européens et de certains pays hors d'Europe : TETRAPOL (Airbus Defence and Space) et TETRA (Motorola, Rohill, Hytera, Sepura, Tait). TETRAPOL et TETRA diffèrent notamment par leurs systèmes d'allocation des canaux basés sur le multiplexage fréquentiel, ou FDM (frequency division multiplexing), pour le premier et le multiplexage temporel (TDM ; time division multiplexing) pour le second. À puissance égale, le multiplexage fréquentiel permet de couvrir une zone plus étendue que le multiplexage temporel. Le standard APCO 25 (Motorola, Harris) utilisé aux Etats-Unis est également une solution basée sur le multiplexage fréquentiel (similaire à TETRAPOL). Les forces de sécurité nord-américaines ont d'ailleurs déclaré que la technologie FDM était mieux adaptée à leurs besoins spécifiques.

Marché mondial de la PMR – 2013

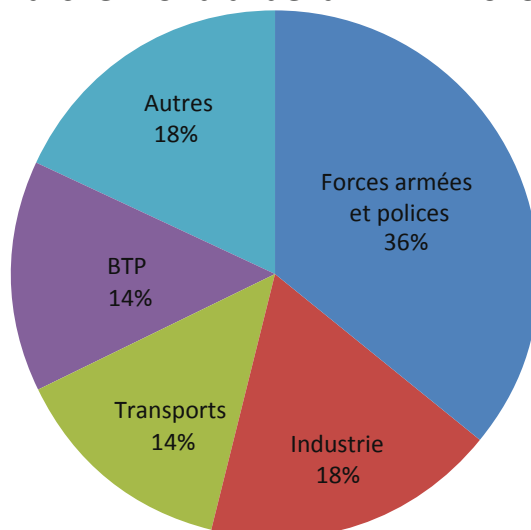


Figure 3 : La PMR par secteurs d'activité (2013)

1. <http://www.wireless-mag.com/RoundTables/23363/The-challenges-of-migrating-from-analogue-digital-radio.aspx> (2012)
2. Et <http://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/land-mobile-radio-systems.htm>
3. <http://www.tandcca.com/about/article/21574> et http://www.tetrapol.com/markets_and_trends/references/

Les utilisateurs et leurs raisons pour changer de système

De nombreuses autorités et organisations du secteur de la sécurité publique ont récemment constaté la nécessité de moderniser leurs moyens de communication techniquement dépassés et insuffisants en termes de performances. Les facteurs suivants expliquaient et continuent d'expliquer le succès croissant des réseaux PMR numériques à ressources partagées auprès de cette clientèle :

- Technologies devenues obsolètes (systèmes arrivés en fin de vie)
- Arrêt du support fournisseurs (pièces de rechange, réparations etc.)
- Couverture radio insuffisante (zones de réception incertaine)
- Mauvaise qualité audio (interférences, parasites, bruits de fond)
- Demande accrue de services de données (interrogation de bases de données, intégration de systèmes d'information etc.)
- Confidentialité et cryptage
- Limites de capacité, pénurie de fréquences, obligation de changer de bande de fréquence

Les réseaux radio numériques à ressources partagées s'inscrivent dans le droit fil du progrès technologique des systèmes de radiocommunication. Les moteurs de ce progrès sont le souci d'une utilisation optimale des bandes de fréquence disponibles ainsi que la volonté des utilisateurs d'intégrer leurs activités de communication en vue d'une meilleure coordination de leur action dans le cas d'un déploiement de forces importantes. Seuls les réseaux numériques sont, en outre, capables de répondre à la demande croissante d'une intégration souple de services de données. Des événements récents (catastrophes naturelles, défilés, événements de masse ont amplement prouvé le rôle primordial des outils de communication dans la coordination des forces de secours et de sécurité et donc dans la protection ou le sauvetage de vies humaines.

Exigences des utilisateurs

Un réseau de radiocommunication mobile professionnelle destiné à être partagé par plusieurs organisations doit répondre à l'ensemble des exigences de chacune et aussi offrir la possibilité d'une communication entre utilisateurs de plusieurs organisations. Les éléments ci-dessous, qui reflètent toute l'expérience des réseaux PMR analogiques et de leur utilisation quotidienne par les AOSS, constituent les principales exigences formulées aujourd'hui à l'égard des réseaux PMR numériques à ressources partagées :

- Allocation entièrement automatique des canaux de trafic et gestion des ressources radio
- Chiffrement de bout en bout en service normal
- Fiabilité du mode direct (de terminal à terminal, non relayé par l'infrastructure)
- Services voix et données dans le même réseau et à couverture égale
- Sélection directe de/vers d'autres réseaux (voix et données)
- Canal ouvert (« tous les utilisateurs inscrits sont constamment sur écoute »)
- Interopérabilité entre différentes organisations
- Gestion dynamique des groupes d'utilisateurs par le dispatcheur
- Surveillance permanente en mode direct (dual-watch mode)
- Neutralisation à distance (temporaire/définitive) des terminaux volés ou perdus
- Appel de détresse avec paramètres ajustables
- Gestion des appels en fonction de critères de priorité
- Couplage avec un récepteur GPS pour la gestion de flottes (radio-localisation)

Cette simple énumération suffit pour démontrer qu'un réseau mobile standard ne permet pas de satisfaire à l'ensemble de ces critères importants. Les tentatives d'adaptation n'ont d'ailleurs pas abouti ou donné des résultats peu satisfaisants. Car s'il est possible d'adapter un réseau mobile classique sur le plan du logiciel, la fonctionnalité de canal ouvert, ou appel de groupe, supposera toujours qu'un canal physique de la station de base soit alloué à chacun des utilisateurs inscrits au groupe ou admis dans ce canal « ouvert » imaginaire. Cet exemple illustre bien l'insuffisance des réseaux mobiles classiques : le nombre maximal d'utilisateurs par cellule (station de base) est dans ce cas limité au nombre maximal de canaux physiques disponibles (p. ex. 16 ou 32). Pour ce même appel de groupe, un système TETRAPOL est, accueillie quant à lui par station de base plusieurs milliers d'utilisateurs sur un canal physique seulement.

Les atouts du standard TETRAPOL

Les atouts décrits ci-dessous correspondent à des caractéristiques natives du standard TETRAPOL et garantissent une exploitation en conditions optimales. Les systèmes analogiques ne peuvent offrir qu'une petite partie de ces atouts, dont l'intégration ultérieure s'est en outre avérée difficile ou impossible.

Des stations de base couvrant une zone étendue

Le mode d'allocation des canaux et la technique de modulation spécifiques à TETRAPOL assurent une sensibilité de réception dynamique très élevée et donc des zones de couverture plus étendues. Pour une même zone de couverture, le nombre de stations de base d'un système TETRAPOL sera donc inférieur à celui d'un système à multiplexage temporel (TDM), avec à la clé des investissements moins élevés et des coûts récurrents réduits en phase d'exploitation. Le nombre de liaisons du réseau de base diminue également, apportant des économies supplémentaires. Un nombre réduit de stations de base permet en outre de mieux tenir compte des directives de l'OFEFP (Office fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage) et des ordonnances relatives aux rayonnements non ionisants (RNI).

Cryptage de bout en bout

Les communications dans les réseaux TETRAPOL sont sécurisées grâce à un cryptage en continu (128 bits) de terminal à terminal. Aucun chiffrement ou déchiffrement n'a lieu dans les stations de base. Le signal transmis reste chiffré dans l'ensemble du réseau et jusqu'au commutateur principal, de sorte que l'écoute sélective d'une liaison hertzienne à micro-ondes est rigoureusement exclue. L'information en texte clair n'est disponible qu'au niveau du commutateur (ou serveur de routage de paquets), qui est toujours installé dans un environnement protégé.

Partage du réseau

Le mode d'adressage spécifique à TETRAPOL permet aux organisations de différentes régions d'un pays de partager un même réseau tout en conservant leur indépendance opérationnelle, mais aussi la possibilité d'une coopération dynamique dès que le besoin s'en fait sentir : les interconnexions sont possibles en fonction d'une multitude de critères et dans des conditions extrêmement souples. La possibilité de partage offerte par les réseaux sécurisés en standard TETRAPOL offre d'énormes atouts, notamment dans un pays comme la Suisse.

L'indépendance et la confidentialité des communications sont garanties sans restriction et peuvent être gérées de façon individuelle par chaque organisation.

Gestion de flottes

La compatibilité du standard TETRAPOL avec les émetteurs-récepteurs GPS (localisation automatique de véhicules ou automatic vehicle location -- AVL) permet de réaliser des fonctionnalités de gestion de flotte, notamment sous forme de visualisation des véhicules et de leurs déplacements sur des cartes géographiques affichables. Le système de radiocommunication assure une interrogation périodique des données GPS (polling) ainsi que leur transmission vers le calculateur de gestion, et ce par les liaisons d'infrastructure mêmes des communications voix et données. Comme les organisations et autorités chargées du sauvetage et de la sécurité, les entreprises des transports publics font fréquemment appel aux fonctions AVL offertes par TETRAPOL. Les données GPS recueillies peuvent également être transmises à un centre de gestion de la circulation.

Relais radio mobile (Independent Digital Repeater - IDR)

Cet équipement compact aux dimensions d'un attaché-case permet d'étendre la zone de couverture sur une distance de 10 km. Le relais radio mobile est particulièrement utile dans les zones non desservies par un réseau de radiocommunication ou en cas de niveau de réception insuffisant (bâtiments, régions montagneuses). Son kit de montage sur véhicule permet d'élargir la zone couverte en fonction des déplacements du véhicule.

Mode direct efficace (Direct Mode Operation - DMO, mode Walkie-Talkie)

Le mode direct (non relayé par l'infrastructure) est une fonctionnalité impérative pour le déploiement de forces sur le terrain. Dans certaines situations ou environnements (parkings

et locaux souterrains, zones non couvertes), la communication directe peut couvrir des distances allant jusqu'à plusieurs kilomètres suivant les conditions de propagation.

Relais monocanal (Single Channel Converter - SCC)

Le SCC sert de passerelle entre un réseau TETRAPOL et un système au standard différent. Il permet de combiner librement un terminal TETRAPOL et un terminal analogique, notamment dans le cadre d'une communication établie entre un groupe fermé TETRAPOL et des utilisateurs présents sur le canal analogique. Du côté analogique, la communication n'est pas cryptée ; l'information spécifique TETRAPOL, notamment de confidentialité (autorisations...), n'y est pas disponible.

Mode dégradé multiniveau

Une architecture maillée combinée à de nombreux équipements redondés et un mode dégradé multiniveau permettent aux systèmes TETRAPOL d'offrir une disponibilité exceptionnelle. Ils assurent la permanence des communications en cas de défaillance d'un système et même en cas d'interruption d'une liaison d'infrastructure.

Terminaux à sécurité intrinsèque

Les terminaux portatifs TETRAPOL ainsi que leurs accessoires sont disponibles dans une version «Eex ib IIC T4» conforme à EN50014 et EN50020. Cette version est destinée entre autres aux services de gardiennage et aux unités de pompiers intervenant dans des secteurs aux risques écologiques importants tels que l'industrie chimique ou pétrolière (p.ex. fuite de gaz ou incident grave dans une usine chimique).

Diffusion du standard TETRAPOL

Organisations et autorités chargées du sauvetage et de la sécurité, entreprises industrielles et transports publics - depuis de nombreuses années, une clientèle importante fait confiance à TETRAPOL dans le monde entier.

Comme indiqué, le nombre d'utilisateurs TETRAPOL se monte à plus de 1,85 millions de personnes ⁴ réparties sur 85 réseaux dans plus de 30 pays. La plupart des réseaux déployés sont utilisés par les forces de la sécurité publique. La Gendarmerie française (RUBIS) et les gouvernements de l'Espagne (SIRDEE), du Mexique (IRIS) et de la République tchèque (PEGAS) comptent parmi les clients les plus importants. Grâce à sa fonctionnalité de cryptage de bout en bout, le standard TETRAPOL est particulièrement présent dans le secteur de la sécurité publique et sur les marchés militaires.

La Gendarmerie française a été la première à choisir le standard TETRAPOL pour son réseau national. La Police nationale française exploite également un système TETRAPOL à couverture nationale. Ces deux réseaux illustrent de façon exemplaire l'intérêt d'un réseau PMR numérique performant et d'un standard éprouvé pour les forces de sécurité.

L'armée allemande et plusieurs contingents nationaux intégrés aux forces de maintien de la paix au Kosovo (KFOR) figurent parmi les utilisateurs militaires les plus en vue. L'O.N.U. utilise, tout comme l'O.T.A.N., une version sheltérisée du système TETRAPOL sur plusieurs de ses sites. L'armée américaine s'équipe progressivement de plusieurs milliers de terminaux TETRAPOL.

La réalisation de nombreux réseaux TETRAPOL dans d'autres secteurs que le sauvetage et la sécurité, p.ex. sur des aéroports (Francfort, Berlin, Zurich, etc.) et pour les réseaux de transports publics (Ville de Berlin, SNCF ...) confirme la dynamique du « phénomène TETRAPOL ». L'implémentation de services de données intégrés et l'utilisation de terminaux à sécurité intrinsèque sont particulièrement fréquentes chez les utilisateurs industriels (BMW, MAN, ZF, RWE-Rheinbraun ...).

4. Fournis habituellement par des forums d'industriels et non vérifiés par des entités neutres, ces chiffres sont à utiliser avec précaution.

La migration sur IP

Les premières générations de systèmes PMR arriveront bientôt en fin de vie. Plusieurs raisons expliquent la nécessité d'opérer une migration de TETRAPOL vers une nouvelle architecture et de nouveaux équipements. L'une d'elles est l'obsolescence. Affectant aussi bien l'infrastructure du système que le logiciel d'exploitation et l'infrastructure du réseau de base, elle rend difficile la maintenance et la mise à niveau de l'ensemble du réseau. L'obsolescence concerne également les divers composants et interfaces, qu'il devient difficile de se procurer, sans oublier la difficulté à trouver des développeurs disposant des compétences requises pour gérer la maintenance et les mises à jour de ces infrastructures anciennes.

La Figure 2 et la Figure 4 donnent une comparaison générale entre les deux architectures, l'architecture TDM actuellement déployée, et l'architecture IP pour le standard TETRAPOL. Ce chapitre présente les atouts d'un système TETRAPOL basé IP ainsi que les fonctionnalités principales d'IP20, le nouveau standard TETRAPOL IP, et permettra de mieux comprendre pourquoi ce dernier représente la solution idéale aux problèmes évoqués ci-dessous.

Avantages du Protocole Internet

La migration des réseaux de télécommunication vers le Protocole Internet (IP) est un sujet d'actualité depuis plus d'une décennie. Les motifs les plus souvent évoqués sont les suivants :

- ▶ Augmentation du coût des systèmes TDM
- ▶ Flexibilité accrue de l'architecture IP par rapport à l'architecture TDM
- ▶ Convergence.

Voyons maintenant chacun de ces points plus en détail.

Flexibilité accrue de la solution IP

Un certain nombre de réseaux PMR utilisent actuellement des liaisons TDM pour transporter la voix, les services de données et les messages textes entre les nœuds. D'autres interfaces plus anciennes comme X.25 sont encore en service, mais leur trafic est généralement encapsulé et transporté sur un réseau IP distinct.

L'utilisation d'interfaces et de liaisons à 2 Mbit/s (ou accès E1) s'est avérée extrêmement fiable depuis les premiers déploiements de systèmes TETRA et TETRAPOL. À certains égards, l'utilisation du multiplexage temporel a toutefois restreint la flexibilité du système, par exemple, pour la configuration de liaisons d'infrastructure redondantes entre les nœuds de réseau.

Pour rendre les réseaux PMR plus flexibles et efficaces, l'ancienne technologie TDM doit être remplacée par un réseau IP. La bande passante sera ainsi disponible à la demande et ne sera plus limitée par l'affectation de créneaux temporels sur des liaisons E1.

Un réseau IP offre des avantages reconnus, comme l'extensibilité, la fiabilité et le reroutage rapide en cas de défaut. Il garantit les mêmes performances qu'aujourd'hui pour les services voix grâce à une fonction de supervision du trafic qui assure au besoin la priorité à la voix sur les données. La technologie du routage par paquets permet en outre de réduire les coûts par rapport au TDM grâce à une allocation dynamique des canaux, au partage des capacités de transmission et à l'utilisation du multiplexage statistique.

Coûts de l'équipement TDM en augmentation

La technologie de transport par multiplexage à répartition dans le temps (TDM) a été progressivement remplacée par la technologie IP, ce qui l'a rendue de plus en plus coûteuse, car il est de plus en plus difficile de se la procurer et d'assurer sa maintenance.

Les équipements et pièces de rechange TDM sont donc plus coûteux. Il est également difficile de trouver des techniciens qualifiés capables d'assurer la maintenance des systèmes existants et de les faire évoluer conformément aux besoins des utilisateurs.

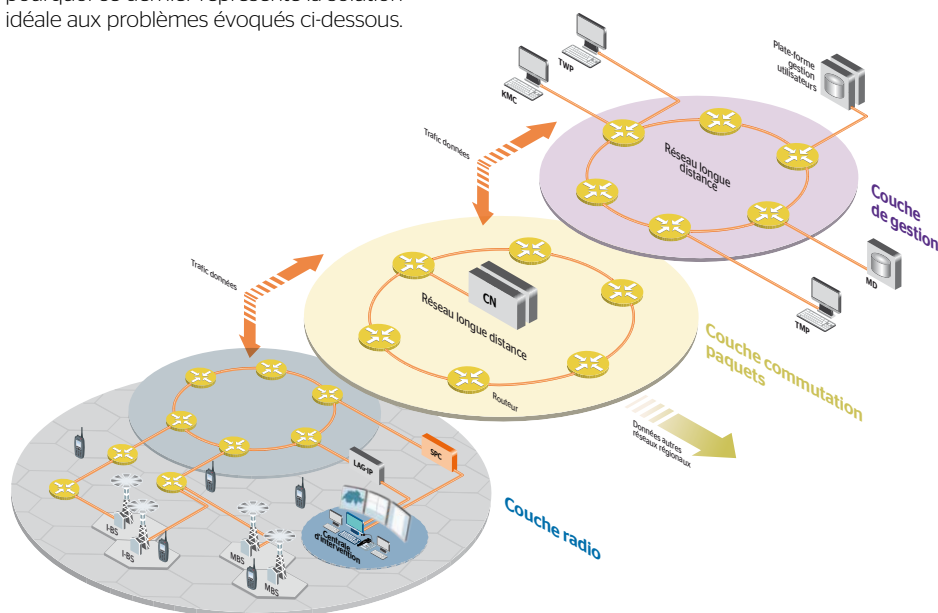


Figure 4 : Exemple d'architecture en standard TETRAPOL IP

La technologie et les systèmes IP ont suivi l'évolution opposée. Les systèmes IP sont devenus, d'une certaine manière, des produits de base. C'est pour ces raisons que le fournisseur de la technologie TETRAPOL a décidé qu'il cesserait en 2020 d'assurer le support des équipements TETRAPOL reposant sur le multiplexage TDM et qu'il les remplacerait par des équipements s'appuyant sur le protocole IP.

Convergence

Le partage d'un même réseau par la voix, les données et les informations de commande permet également de mettre en œuvre de nouvelles architectures de réseau. Actuellement, la redondance des liaisons en TDM est réalisée uniquement au niveau commutation : si les commutateurs secondaires et le commutateur principal sont reliés dans une structure en anneau.

Dans un réseau IP, les liaisons ne sont pas affectées de manière fixe au niveau commande et au niveau utilisateur, et toute liaison peut être utilisée comme trajet de remplacement. Le réseau est ainsi plus disponible pour la signalisation, la voix ou les flux de données.

TETRAPOL IP20 peut garantir et étendre la durée de vie des services critiques offerts par le réseau. La migration vers ce nouveau standard devrait assurer le bon fonctionnement du réseau POLYCOM jusqu'en 2030. Comme indiqué, si les réseaux PMR nouveaux sont directement déployés en technologie IP, les réseaux opérationnels adoptent eux aussi peu à peu l'Internet Protocol.

L'utilisation du protocole Internet présente un certain nombre d'avantages :

- ▶ Convergence et regroupement du trafic de communication, de gestion et d'administration réseau sur un support unique
- ▶ Résilience intrinsèque du réseau de base
- ▶ Élimination de l'équipement TDM obsolète, qui ne sera plus pris en charge en 2020
- ▶ Approvisionnement en équipement et connectique plus simple et plus rentable
- ▶ Recherche plus facile et plus rentable de techniciens compétents (collaborateurs et partenaires)

La migration vers une nouvelle architecture et des systèmes de conception innovante offrira une opportunité pour d'autres mesures de progrès.

Principales fonctionnalités nouvelles :

- ▶ Flexibilité accrue, plusieurs fonctions étant désormais logicielles au lieu de matérielles
- ▶ Acheminement par paquets remplaçant la commutation de circuits
- ▶ Utilisation d'équipements couramment disponibles dans le commerce (COTS)
- ▶ Simplicité d'installation et de configuration
- ▶ Simplification de la planification et de la modification des fréquences
- ▶ Surveillance et configuration à distance
- ▶ Mises à jour (updates) et mises à niveau (upgrades) du logiciel système à distance
- ▶ Portefeuille d'équipements optimisé, p.ex. dans le cas du standard TETRAPOL IP20 avec la prise en charge de la configuration cellulaire ou isofréquence (simulcast) par une station de base unique (MBS), par activation de la licence logicielle correspondante.
- ▶ Simplification de l'architecture réseau par élimination de l'architecture de commutation à deux étages et des commutateurs secondaires
- ▶ Intégration et capacité de trafic accrus, par exemple, au niveau de la station de base grâce à des modules plus compacts. L'encombrement et la consommation électrique diminuent

La PMR en Suisse : TETRAPOL

POLYCOM : le réseau radio suisse de sécurité

Au début de l'année 2001, un arrêté du Conseil fédéral confirme la volonté du gouvernement suisse d'installer un réseau de radiocommunication mobile en standard TETRAPOL sur le territoire national pour toutes les organisations et autorités chargées du sauvetage et de la sécurité. Ce réseau sera un outil de communication capable d'assurer une coopération efficace entre toutes les forces de sécurité et de secours intervenant en cas de crise ou de catastrophe.

POLYCOM⁵ est le réseau radio national des autorités et des organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS) en Suisse. L'Office fédéral de la protection de la population (OFPP) assume le rôle d'organe central dans le développement stratégique et conceptuel du système coordonné de protection de la population et de ses bases d'existence ainsi que des biens culturels. Il est chargé de la gestion et de la coordination du système de protection de la population en prévision d'éventuelles catastrophes, de situations d'urgence mais également de conflits armés. Avec la création de la Division Protection civile, l'OFPP souhaite souligner l'importance de la protection civile dans la structure même de l'Office.

POLYCOM permet le contact radio entre les différentes organisations partenaires: gardes-frontière, police, sapeurs-pompiers, premiers secours, protection civile et formations d'appui de l'armée. Le but du projet est que les AOSS de la Confédération, des cantons et des communes puissent communiquer et échanger des données via une infrastructure uniforme et homogène.

POLYCOM est un réseau radio national de sécurité sans pour autant être un réseau exclusivement fédéral. Le réseau est réalisé par étapes sur plusieurs années (jusqu'en 2015) par la mise en place de réseaux partiels. Les cantons installent les réseaux partiels de manière autonome, tout en observant les directives données par la Confédération. Tandis que dans plusieurs cantons, les organisations travaillent déjà avec POLYCOM, dans d'autres on en est encore au stade de l'étude, de la planification ou de la réalisation des réseaux partiels. La Confédération joue un rôle de premier ordre dans les investissements et l'entretien des réseaux.

En 1999, le Corps des Gardes-Frontière suisses a été la première organisation à déployer son réseau dans une zone ceinturant la Suisse le long de ses frontières sur une profondeur d'environ 30 kilomètres. Certaines parties de ce réseau recoupent les zones de couverture de réseaux régionaux. Les autorités fédérales utilisent ces réseaux régionaux (RN) pour leurs communications sur le territoire helvétique.

Ces quelques éléments suffisent pour illustrer la complexité du financement, de l'installation et de la maintenance du réseau POLYCOM (sites des stations de base, systèmes de commutation, réseau fixe). Les plans de numérotation et les directives sur l'interopérabilité ont dû être convenus en amont du projet avec toutes les organisations d'utilisateurs. POLYCOM ne garantit pas seulement des possibilités de communication universelles, mais facilite aussi les activités de logistique, d'exploitation et de maintenance grâce à une standardisation des composants, qui permet en outre de simplifier la formation et de réduire les coûts de l'exploitation et de la maintenance.

État de progression du déploiement

Depuis fin 2015, toute la Suisse bénéficie des avantages reconnus d'une plateforme de communications critiques unique et partagée. Les organisations nationales de sécurité publique ont pu apprécier la polyvalence et la sécurité de TETRAPOL et les avantages de cette plateforme d'une disponibilité particulièrement élevée pour la gestion des situations d'urgence et de crise. Le standard TETRAPOL offre des fonctionnalités de communication de groupe et des couvertures radio individualisées favorisant la collaboration entre organisations dès que cela s'avère nécessaire.

Le déploiement de TETRAPOL en Suisse a débuté il y a environ 15 ans. Si l'équipement s'est révélé jusqu'ici extrêmement fiable, certaines parties du réseau devront bientôt être remplacées, car certains de leurs composants ont désormais atteint la date de fin de support, après laquelle il n'est plus possible de les remplacer ni de les réparer en cas de panne ni d'élaborer des mises à jour logicielles à un prix raisonnable.

Le déploiement d'un système PMR de substitution serait très coûteux et nuirait à la qualité du service pendant des années. L'adoption d'une interface de radiocommunication différente entraînerait des modifications dans le plan de fréquences et dans l'emplacement des sites, ce qui rendrait nécessaire l'acquisition d'un nombre conséquent de sites nouveaux. La seule stratégie de migration d'infrastructure qui assure une perturbation minimale du service tout en offrant aux utilisateurs les avantages de la communication multiréseau consiste à passer de l'actuelle version 35.08 de TETRAPOL à IP20.

5. <http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/internet/bs/de/home/themen/polycom.html>

Le large bande sans fil pour les forces de sécurité

L'introduction de services large bande sans fil est un sujet d'actualité pour les forces de secours et de sécurité de la plupart des pays industrialisés. Cette évolution est considérée comme nécessaire pour faciliter les nouvelles pratiques de travail et réaliser des applications innovantes, dans la mesure où ces pratiques et applications supposent de hauts débits de données, notamment pour la communication vidéo.

L'introduction des services large bande sans fil sera déterminée par un certain nombre de facteurs :

- Nécessité de préserver les investissements importants dans l'infrastructure PMR existante, indispensable à la mission des AOSS
- Adoption, par les forces de sécurité et de secours, de pratiques de travail s'appuyant sur le large bande sans fil
- Communications de groupe et communication en mode direct dans le futur réseau large bande
- Disponibilité et harmonisation fréquentielle : l'harmonisation des bandes semble improbable ; pour leurs communications transfrontalières, les forces déployées utiliseront des équipements multi-bande ; l'aménagement de bandes de fréquence à proximité de celles des réseaux mobiles publics doit être envisagé en vue de solutions de type MVNO (Multiband Virtual Network Operation) à terminaux multi-bande
- Choix de la technologie : tous les acteurs semblent favoriser le standard LTE, mais la prochaine génération de réseaux mobiles (5G) fonctionnera à partir de 2022
- Quel sera le budget finalement alloué ?

Options de migration vers le large bande sans fil

Compte tenu de la complexité du scénario et des incertitudes pesant sur son évolution, différentes options sont aujourd'hui envisagées au niveau gouvernemental pour équiper les forces de sécurité de services large bande sans fil (WBS ; wireless broadband services).

Toutes les organisations ainsi que les gouvernements s'accordent cependant sur la nécessité de préserver les investissements particulièrement lourds réalisés initialement pour déployer les réseaux PMR. C'est ainsi qu'un organe de conseil américain, le National Public Safety Telecommunications Council, constate en avril 2013 : « La question si le large bande sans fil peut remplacer les systèmes LMR d'importance critique reste sujette à controverses, mais tous les intervenants conviennent qu'une telle transition ne pourra pas intervenir avant 10 ans. Il est donc vivement conseillé aux responsables politiques locaux, associatifs, régionaux et fédéraux de ne pas abandonner ou cesser de financer leurs systèmes LMR actuels pour la communication voix dans le secteur de la sécurité publique, jusqu'à ce que la capacité des réseaux large bande à remplir adéquatement et en toute sécurité tous les critères d'un système LMR pour la sécurité publique soit définitivement établie ».

Plusieurs gouvernements occidentaux partagent ce point de vue et prévoient également des mises à jour et des mises à niveau pour continuer à exploiter leurs réseaux jusqu'à l'horizon de 2025 ou 2030. Les appels de groupe seront donc maintenus dans les réseaux PMR existants, éventuellement mis à niveau, tandis que les infrastructures large bande seront uniquement mises à la disposition des applications autres que les communications voix. Les réseaux PMR évolueront ainsi suivant la même logique que les réseaux mobiles publics 3G où les structures GSM « anciennes » accueillent les communications voix tandis que les autres services ont migré vers les réseaux 3G et 4G.

Les acteurs de la PMR numérique estiment donc que celle-ci n'évoluera pas vers le large bande, par exemple, le TEDS dans le cas de TETRA. Le rapport entre débits de trafic de données et débits voix n'évoluera pas.

- 2015 à 2020 : services large bande réservés au trafic de données et fournis par des opérateurs publics, éventuellement dans le cadre d'un réseau virtuel de type MVNO associant plusieurs opérateurs
- 2020 à 2025 : des réseaux large bande locaux seront systématiquement déployés pour faire face à la demande de débit accrue en matière de données, notamment dans les grandes agglomérations
- 2025 et au-delà : la maturité des nouveaux standards radio et l'implémentation des fonctionnalités critiques dans l'infrastructure installée justifient la migration progressive de la communication voix vers des réseaux large bande sans fil dédiés.

Résumé et conclusion

Au cours de ces 15 dernières années, la plupart des pays industrialisés ont équipé leurs forces de sécurité et de secours de réseaux PMR numériques afin de les aider à mieux s'acquies de leurs missions. Les forces de sécurité ont en effet réussi à améliorer leur efficacité grâce à des solutions PMR numériques qu'elles considèrent aujourd'hui comme des outils indispensables.

Ce document a présenté les principales exigences formulées par ces utilisateurs ainsi que les fonctionnalités offertes par les réseaux PMR aux forces de sécurité et de secours.

Les investissements importants réalisés pour implémenter des réseaux numériques à la hauteur de ces exigences doivent être sécurisés pour de nombreuses années. Une condition essentielle à remplir est la modernisation de la technologie, par une migration du multiplexage temporel, ou TDM, vers le Protocole Internet, par le passage d'une maintenance principalement réalisée sur site vers une maintenance à distance et par la transition d'une commutation matérielle vers une commutation logicielle.

L'évolution impressionnante de la radiocommunication mobile au cours de ces dernières années conduit les responsables à envisager le déploiement de réseaux mobiles large bande spécialement dédiés aux forces de sécurité et de secours. Le nombre de paramètres à prendre en compte est élevé, la plupart des experts conviennent donc que les réseaux PMR numériques existants doivent rester en exploitation jusqu'à l'horizon de 2025, quand la future technologie large bande aura vraisemblablement atteint le degré de maturité nécessaire pour fournir les services critiques nécessaires à un prix raisonnable. La migration vers la PMR large bande devrait ensuite intervenir jusqu'en 2030.

Liste des acronymes

BB	Broad Band (large bande)
BBU	Base Band Unit (unité de bande de base)
BS	Base Station (station de base)
BSC	Base Station Controller (contrôleur de station de base)
ELS	Einsatzleitstelle (centrale d'engagement)
ELZ	Einsatzleitzentrale (salle de commandement)
HW	Hardware (matériel)
IP	Internet Protocol
ITU-R	International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector, (Union Internationale des Télécommunications – Secteur des radiocommunications)
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardisation Sector (Union Internationale des Télécommunications – Secteur de la standardisation des télécommunications)
LTE	Long Term Evolution (téléphonie mobile de 4e génération)
MBS	Multi-Mode Base Station (station de base multimode)
PMR	Professional Mobile Radio (radiocommunication mobile professionnelle)
PPDR	Public Protection and Disaster Recovery (protection de la population et aide en cas de catastrophe)
PS	Public Safety (sécurité publique)
TDM	Time Division Multiplexing (multiplexage à répartition dans le temps)

A propos d'Atos

Atos SE (Société Européenne), est un leader de services numériques avec un chiffre d'affaires annuel pro forma de l'ordre 12 milliards d'euros et environ 100 000 collaborateurs dans 72 pays. Atos fournit à ses clients du monde entier des services de conseil et d'intégration de systèmes, d'infogérance, de Big Data et de Sécurité, d'opérations Cloud et des services transactionnels par l'intermédiaire de Worldline, le leader européen des services de paiement. Grâce à son expertise technologique et sa connaissance sectorielle pointue, Atos sert des clients dans différents secteurs : Défense, Services financiers, Santé, Industrie, Médias, Services aux collectivités, Secteur Public, Distribution, Télécoms, et Transports.

Atos déploie les technologies qui accélèrent le développement de ses clients et les aident à réaliser leur vision de l'entreprise du futur. Atos est le partenaire informatique mondial des Jeux Olympiques et Paralympiques. Le Groupe est coté sur le marché Euronext Paris et exerce ses activités sous les marques Atos, Bull, Canopy, Worldline, Atos Consulting, Atos Worldgrid et Unify.