



14 juillet 2015

"Notice d'information" Tetrapol

Systeme numérique de radiocommunications à ressources partagées pour les organismes de sécurité

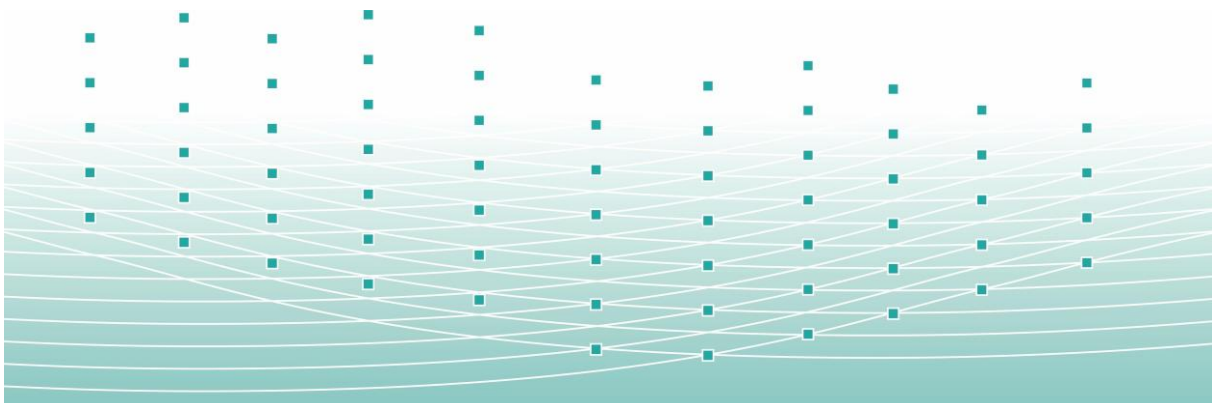
Résumé

TETRA est un système cellulaire numérique de radiocommunications à ressources partagées, destiné en premier lieu à la transmission de la voix, mais aussi à celle des données. Tetrapol a été développé par Matra Communication (aujourd'hui EADS), en France. La gendarmerie (mi-1992) et la police (début 1995) françaises ont été les premiers utilisateurs de Tetrapol.

Les utilisateurs potentiels de systèmes de radiocommunications à ressources partagées sont des groupes d'utilisateurs fermés, comme les services de transports, les aéroports, les entreprises d'énergie ainsi que les organismes de sécurité. Ces groupes d'utilisateurs disposent de leur propre système privé de radiocommunication à ressources partagées, ou alors ils utilisent les services d'un opérateur de radiocommunications à ressource partagées. Tetrapol répond avant tout aux besoins des organes de sécurité et s'est implanté avec succès dans ce secteur.

La méthode de modulation utilisée est la GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) ; en Suisse, l'écart entre les canaux est de 10 kHz.

En Suisse, le système Tetrapol a été choisi pour le réseau radio de sécurité Polycom.



Contenu

1	Introduction	1
2	Évolution en Europe	2
3	Concessions en Suisse	2
4	Services	3
5	Principaux termes	4
6	Fréquences	6
7	Réseaux	6
	Abréviations.....	8

1 Introduction

Tetrapol est un système cellulaire numérique de radiocommunications à ressources partagées destiné à la transmission de la voix et des données. Tetrapol¹ a tout d'abord été développé par Matra Communication (aujourd'hui EADS), en France. Aujourd'hui, cette technologie bénéficie du soutien de deux organisations qui poursuivent son développement : Tetrapol-Forum (principalement composé de fabricants) et Tetrapol Users Club (organisation d'utilisateurs). La gendarmerie (mi-1992) et la police (début 1995) françaises ont été les premiers utilisateurs de Tetrapol.

Les systèmes numériques de radiocommunications à ressource partagées sont des systèmes modernes destinés à des applications privées et publiques de radiocommunication à usage professionnel et à des applications radio de sécurité (PMR/PAMR²). Au contraire des anciens systèmes analogiques conventionnels à canal fixe (à chaque service et chaque utilisateur était attaché en tout temps un canal particulier), les systèmes de radiocommunications à ressources partagées impliquent que les fréquences sont attribuées aux différents utilisateurs et services de façon flexible. Il est ainsi possible d'exploiter le gain d'une liaison à ressources partagées et d'augmenter l'efficacité du spectre des fréquences. En outre, la technique numérique permet d'améliorer sensiblement la qualité et la sécurité des systèmes de radiocommunications.

Au cours de la seconde partie des années 80 déjà, il a été nécessaire de rechercher des solutions adaptées pour les systèmes numériques PMR afin d'améliorer l'efficacité du spectre des fréquences et la sécurité technique, et de faciliter le cryptage de la liaison. C'est à cette époque que les premiers systèmes PMR numériques développés par les entreprises sont apparus, notamment ASTRO et iDEN (produits les deux par Motorola), EDACS (Ericsson), SR 440 (Bosch/Ascom) et Tetrapol (Matra Communication).

Les utilisateurs potentiels de systèmes de radiocommunications à ressources partagées sont des groupes d'utilisateurs fermés comme les services de transports (taxis, CFF, entreprises de transport, etc.), les aéroports, les entreprises d'énergie ainsi que les organismes de sécurité (p.ex. la police, le service du feu, les sanitaires, l'armée, la protection civile, le corps des gardes-frontières, etc.). Ces groupes d'utilisateurs disposent de leur propre système privé de radiocommunication à ressources partagées, ou alors ils utilisent les services d'un opérateur de radiocommunications à ressource partagées.

Les systèmes de radiocommunications à ressources partagées se différencient des systèmes publics de téléphonie mobiles tels que le GSM ou l'UMTS surtout par la rapidité d'établissement de la communication, les appels de groupe, les appels prioritaires, le cryptage de bout en bout et la possibilité de relier directement deux stations mobiles sans passer par une station de base (mode direct).

Tetrapol ne doit pas être confondu avec la technologie TETRA. Cette dernière a été développée par l'Institut européen de standardisation des télécommunications (ETSI) – en collaboration avec l'industrie –, devenant ainsi la seule norme reconnue en Europe pour les systèmes de radiocommunications à ressources partagées. Une petite comparaison entre Tetrapol et TETRA figure au chapitre 5.

En Suisse, la technologie Tetrapol a été choisie pour POLYCOM, le réseau radio national de sécurité.

¹ Le système s'appelait alors "Matracom 9600".

² Le marché de la radiocommunication mobile professionnelle ou la radiocommunication à usage professionnel est dénommé PMR (Private Mobile Radio) ou PAMR (Public Access Mobile Radio). Dans le cas de PMR, le système de radiocommunication est exploité par l'utilisateur lui-même, alors qu'on parle de PAMR lorsque les services de radiocommunication à ressources partagées sont fournis par un opérateur de réseau indépendant. Les opérateurs PAMR offrent en général aussi un accès au réseau fixe.

2 Évolution en Europe

Le marché de la téléphonie mobile à usage professionnel rapporte chaque année dans le monde près de 9 milliards de dollars auprès d'environ 22 millions d'utilisateurs en 2010³ selon une estimation prudente. Environ un quart devrait revenir à l'Europe, soit 2 milliards de dollar – pour environ 5 millions d'utilisateurs. Le nombre d'utilisateurs *potentiels* en Europe est évalué à 10 millions⁴. Plusieurs sources prévoient un taux de croissance de 5% à 6% par année. Ce calcul se base sur le fait que le taux de pénétration des systèmes PMR sur le marché européen n'est que de 2%, ce qui est peu comparé aux États-Unis, où la pénétration atteint déjà de 8%⁵. En outre, environ 65% des systèmes PMR reposent encore sur des technologies analogiques anciennes, qui seront remplacées tôt ou tard par des systèmes numériques modernes.

Le marché des systèmes PMR, et notamment des applications de radiocommunication de sécurité (environ 30% du marché PMR), présente une nette tendance à mettre en place des réseaux de grande taille et utilisés en commun. Les utilisateurs traditionnels des systèmes PMR tels que les entreprises de distribution (approvisionnement en électricité, gaz et eau) et les entreprises de transport s'en remettent de plus en plus, pour leurs activités de radiocommunication, à des opérateurs spécialisés de radiocommunications à ressources partagées⁶.

3 Concessions en Suisse

En Suisse, la norme Tetrapol est utilisée pour construire un réseau radio national de sécurité. Mis en place par Siemens, ce réseau sera exploité par POLYCOM, un groupe fermé d'utilisateurs exploitant un réseau à ses fins propres.

Les usagers potentiels du réseau radio Polycom sont des organisations ayant toutes le même besoin : communiquer lors de situations extraordinaires ou de situation d'urgence. Le cercle d'usagers est presque identique à celui décrit à l'art. 91 de l'ordonnance sur les services de télécommunication (OST); ces organismes, qui peuvent bénéficier des prestations mentionnées à l'art. 90 OST, sont les suivants :

- a) l'armée, la protection civile, l'approvisionnement économique du pays et les états-majors civils de conduite;
- b) la police, les pompiers ainsi que les organismes chargés par les collectivités publiques de missions de sauvetage et de services sanitaires;
- c) les organes engagés pour fournir une aide aux autorités civiles au sens de l'art. 67 de la loi fédérale sur l'armée et l'administration militaire.

L'OFCOM octroie à chaque organisme utilisateur une concession propre de radiocommunications à usage professionnel pour les stations fixes et mobiles exploitées avec le réseau POLYCOM. La société d'exploitation POLYCOM, à laquelle sont rattachés tous les organismes utilisateurs, reçoit également une telle concession pour l'infrastructure du réseau utilisé en commun.

Un premier réseau partiel a été mis en exploitation en automne 2000 dans le canton du Tessin par le Corps des gardes-frontière.

³ Analysys Mason : DMR Market Report, 21 décembre 2011.

⁴ Funkschau 5/98, p. 80 ss.

⁵ Tetrapol PAS Conversion by ETSI, Explanatory report, Part 1.

⁶ Voir aussi : ERC Report 52, "Methodology for Assessment of PMR Systems in terms of Spectrum Efficiency, Operation and Implementation".

4 Services

Tetrapol propose un large éventail de services que les systèmes publics de téléphonie mobile n'offrent pas (encore). L'énumération ci-dessous n'est pas exhaustive. Pour tout complément d'information, prière de consulter les spécifications Tetrapol (Part 1-2 : "Voice & Data Services in Network and Direct mode") (voir aussi chapitre 5).

Téléservices :

- **Individual Call (appel individuel)** : Ce service correspond à la communication dans un système public de téléphonie mobile (GSM, UMTS). Un usager appelle un autre usager et lui est connecté.
- **Group Call (appel de groupe)** : Un usager appelle un groupe prédéterminé. Chaque membre du groupe peut entendre la conversation et y participer. L'appel groupé peut être organisé de sorte que les différents membres du groupe accusent réception de la communication ou non. Un groupe peut être modifié avec flexibilité, c'est-à-dire que des membres peuvent être ajoutés ou supprimés.
- Le **mode direct** permet la communication entre deux ou plusieurs stations mobiles, sans passer par une station de base (walkie-talkie).
- **Broadcast Call (communication de diffusion)** : Il s'agit d'une liaison point-multipoint unidirectionnelle dans une zone particulière. La zone et les usagers sont déterminés auparavant. Les différents usagers n'accusent pas réception de l'appel, ce qui signifie que l'appelant ne peut pas contrôler qui a reçu l'appel et qui ne l'a pas reçu.
- **Emergency Call (appel d'urgence)** : Une touche d'urgence permet d'établir une communication à haute priorité avec un répartiteur ou un groupe d'utilisateurs prédéfini.
- **Include Call** : Cet appel permet d'appeler un ou plusieurs usagers supplémentaires au cours d'une conversation et de les faire participer.
- **Open Channel** : Un groupe d'utilisateurs peut avoir une conversation sur un canal particulier pendant un certain temps. Tous les membres du groupe entendent la conversation et peuvent y prendre part en tout temps. Pour participer à une conversation, l'utilisateur doit simplement entrer le numéro du "Talk group". Les numéros des "Talk groups" actifs à un moment donné sont diffusés sur le canal de contrôle et donc portés à la connaissance de tous les usagers du réseau.

Services de données

- **Paging : de brefs messages peuvent être envoyés par un dispatcher vers la station mobile.** La réception des messages n'est pas confirmée.
- **Status Transmission** : Des messages très courts et prédéfinis peuvent être transmis par le répartiteur aux stations mobiles et vice-versa, ou entre les stations mobiles.
- **Short Data Messaging** : permet aux usagers d'échanger de brefs messages très rapidement.
- **X.25 Packet Data Services** : sert à établir une liaison X.25 entre deux terminaux. Il existe également la possibilité d'aménager une communication d'une station mobile vers un PDN (Packet Data Network).
- **TCP/IP Access** : permet aux stations mobile d'accéder à l'internet ou à des serveurs observant le protocole TCP/IP.

Services additionnels :

- **Ambience Listening** : Cette fonction permet au répartiteur, lors de situations peu claires ou dangereuses, d'entendre, sans se faire remarquer, les conversations tenues dans un véhicule. Ce service est notamment important pour la police et les organes de sécurité.
- **Priority Call (appel prioritaire)** : Permet à un usager d'attribuer la priorité à un appel, qui est alors traité avant tous les appels ayant un degré de priorité inférieur. Lorsqu'il n'y a plus de ressources de réseau disponible (p.ex. parce que tous les canaux sont occupés), les ressources nécessaires peuvent être libérées grâce au "pre-emptive priority call". Les communications d'un degré de priorité inférieur sont interrompues.
- **Late Entry** : Cette fonction permet à un utilisateur d'intégrer une conversation de groupe déjà entamée, par exemple parce qu'il était occupé au moment de l'appel ou qu'il n'avait pas enclenché son appareil.

5 Principaux termes

Tetrapol a été développée principalement pour un segment de marché à la fois important et pointu, celui des "applications radio de sécurité".

Le développement de Tetrapol a débuté en 1987 suite à un appel d'offres lancé par la gendarmerie française pour un système de radiocommunications à ressources partagées. On a alors choisi la méthode d'accès au canal FDMA (Frequency Division Multiple Access). Le FDMA est une méthode d'accès classique consistant à attribuer à chaque utilisateur une fréquence bien précise pour une liaison. En Suisse, l'écart entre les canaux est de 10 kHz (l'écart entre les canaux de 12.5 kHz est également prévu pour les systèmes Tetrapol-System).

Dans chaque cellule, la station de base émet un signal de contrôle sur une porteuse donnée. Ce canal de contrôle transmet aux appareils mobiles les données système du réseau.

Tetrapol peut être exploité sur des fréquences entre 70 et 520 MHz. Dans la pratique toutefois, seules les fréquences attribuées pour les PMR dans la gamme des 80, 160 et 400 MHz sont occupées (voir chapitre 6).

Comme la plupart des systèmes radio, Tetrapol utilise également la liaison duplex. La liaison montante (uplink) et la liaison descendante (downlink) occupent deux fréquences différentes qui sont séparées l'une de l'autre par l'écart duplex. La grandeur de celui-ci dépend de la bande de fréquences dans laquelle le système fonctionne. Les terminaux de Tetrapol (comme ceux de la plupart des systèmes PMR) travaillent en général sur le mode semi-duplex, ce qui signifie qu'il n'est pas possible d'émettre et de recevoir simultanément.

Le type de modulation utilisé est le GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Cette procédure de modulation est aussi utilisée avec le GSM. Elle permet d'obtenir un haut rendement en utilisant des émetteurs simples et relativement bon marché.

Les spécifications Tetrapol peuvent être consultées ou téléchargées à l'adresse suivante : http://www.tetrapol.com/downloads/publicly_available_specifications/

Tetrapol et TETRA sont les deux principaux systèmes de radiocommunications à ressources partagées en Europe. Le tableau 1 fournit une comparaison succincte entre les deux systèmes (il existe une "notice d'information" spécifique pour TETRA).

Tableau 1 : Avantages et inconvénients de Tetrapol par rapport à TETRA

<i>Avantages de Tetrapol par rapport à TETRA</i>	<i>Inconvénients de Tetrapol par rapport à TETRA</i>
<ul style="list-style-type: none">▪ Le rayon maximal des cellules de Tetrapol est jusqu'à 50% plus grand que pour TETRA, avec la même puissance d'émission de <u>crête</u>. Dans ces conditions, Tetrapol n'a besoin que de la moitié des stations de base requises pour TETRA pour couvrir une zone donnée. Cet avantage n'est valable que tant que le volume de trafic reste faible et que les puissances d'émission de crête, et non les puissances d'émission moyennes, sont les mêmes.▪ L'écart entre les canaux s'élève à 10 kHz ou 12.5 kHz, ce qui assure une bonne coexistence avec les systèmes existant et peu d'émissions hors bande (satisfait à ETSI EN 300 113).▪ Les réseaux radio synchrones sont plus faciles à réaliser avec Tetrapol.	<ul style="list-style-type: none">▪ Avec Tetrapol, l'exploitation duplex n'est possible que moyennant quelque investissement (séparateur d'antenne dans la station mobile).▪ Les débits de données de Tetrapol sont nettement moins élevés que ceux de TETRA.▪ L'efficacité de spectre de Tetrapol est moins élevée que celle de TETRA (de 1.16 à 2 fois moins, selon l'environnement)▪ TETRA est une norme européenne reconnue, alors que Tetrapol n'a pas encore été acceptée comme norme ETSI.

Le tableau 2 ci-dessous présente les principaux paramètres radio de Tetrapol.

Tableau 2 : Paramètres radio importants de Tetrapol

<i>Paramètre</i>	<i>Valeurs</i>
Écart entre les canaux	10 kHz, 12,5 kHz b)
Puissance d'émission de la station de base par fréquence porteuse (en moyenne)	25 W ERP
Puissance d'émission de l'installation mobile	1 W, 2 W, 10 W e)
Sensibilité du récepteur sur le plan statique (BER = 1.5%)	SM : -119 dBm SB : -121 dBm
Sensibilité du récepteur sur le plan dynamique (TU50; BER = 1.5%)	SM : -111 dBm SB : -113 dBm
Type d'exploitation	Semi-duplex c)
Mode d'accès au canal	FDMA
Modulation	GMSK, BT = 0.25
Débit binaire du canal	8 kbit/s
Débit de données maximal, non protégé (grand débit)	7,6 kbit/s
Débit de données net	Protégé : 4.8 kBit/s Non protégé : 7.2 kBit/s
Codage de la parole	RP-CELP; 6 kBit/s
Efficacité du spectre dans un environnement limité par les interférences (trafic important, nombreuses cellules)	43 Bit/(s*kHz*cellule)
Efficacité du spectre dans un environnement limité par le bruit (une cellule isolée)	192 Bit/(s*kHz)
Portée f)	Zone rurale : ca. 20 km a) Zone suburbaine : ca. 6 km
Norme de coexistence d)	ETSI EN 300 113-1
<p><i>Remarques :</i></p> <p>a) Le rapport UIT-R M.2014 "Spectrum efficient digital land mobile systems for dispatch traffic" indique un rayon de cellule maximum de 28 km pour l'environnement mobile/rural.</p> <p>b) En Suisse, l'écart entre les canaux pour Tetrapol est de 10 kHz.</p> <p>c) Duplex possible moyennant quelque investissement (séparateur d'antenne dans la station mobile).</p> <p>d) Cette norme comprend uniquement les paramètres du spectre sur l'interface aérienne; elle ne définit ni des protocoles, ni des services qui garantiraient l'interopérabilité des installations de divers fabricants.</p> <p>e) Les installations mobiles ont en général une puissance de sortie de 2 W.</p> <p>f) Dynamique; f = 400 MHz; PMS = 2 W, marge de perturbation = 1 dB; σ_S (shadowing) = 6 dB; sécurité de la couverture au bord des cellules = 90%; hauteur de l'antenne SB = 30 m; hauteur de l'antenne SM = 1.5 m; modèle de propagation SE21; gains d'antenne et pertes dans la ligne de transmission = 0 dB.</p>	

6 Fréquences

En Suisse, un réseau radio national de sécurité et de sauvetage (Polycom) a été construit dans les bandes de fréquences des 380 - 383/390 - 393 MHz (voir également le chapitre 7). Il n'est pas prévu de mettre sur pied un réseau national Tetrapol supplémentaire dans les bandes des 385 - 390/395 - 400 MHz, 410 - 430 MHz, 450 - 470 MHz et 870 - 876/915 - 921 MHz, harmonisées elles aussi pour les radiocommunications à ressources partagées. Il existe toutefois la possibilité, au besoin, de mettre à disposition des fréquences de ces bandes pour les réseaux Tetrapol locaux (p.ex. dans les aéroports).

7 Réseaux

En comparaison des systèmes publics de téléphonie mobile comme le GSM, l'UMTS ou le LTE, les systèmes numériques de radiocommunications PMR à ressources partagées comptent en général un petit nombre d'utilisateurs, avec des temps de conversation brefs. Le volume de trafic est donc faible et

de grandes cellules peuvent être aménagées. La puissance apparente rayonnée par porteuse de la station de base s'élève à 25 W PAR.

Les divers systèmes PMR se différencient nettement les uns des autres en ce qui concerne le nombre d'utilisateurs, la zone de desserte, le volume de trafic et les services proposés. Certains systèmes sont limités par le bruit (les limites du système sont définies par le bruit du récepteur) ou par les interférences (lors de graves perturbations du même canal générées par des cellules voisines). L'efficacité du spectre dépend beaucoup de ces paramètres (voir aussi tableau 2).

Dans les réseaux Tetrapol, 4 à 8 (voire 16) canaux radio par station de base sont installés. L'un des canaux est le canal de contrôle qui sert à transmettre les informations de système depuis la station de base vers les stations mobiles. Les autres sont des canaux de trafic utilisés pour la transmission de la voix et des données⁷.

Tetrapol est exploité soit en mode réseau, soit en mode direct. Avec le mode réseau, la station mobile est reliée à la station de base (infrastructure), la dernière contrôlant la première. Lorsque deux stations mobiles communiquent entre elles, la liaison passe donc toujours par la station de base. Le mode direct permet la communication entre deux ou plusieurs stations mobiles, sans passer par une station de base (walkie-talkie). Par conséquent, le mode direct peut également être utilisé lorsqu'il n'y a pas de couverture radio (p.ex. dans un tunnel ou au sous-sol d'un bâtiment).

Lorsque le volume de trafic est faible et la desserte étendue, Tetrapol permet d'utiliser la technique du réseau radio synchrone (single frequency network, diffusion simultanée), toutes les stations de base émettant de façon synchrone sur la même fréquence. Aussi bien le signal à haute fréquence que le signal de modulation sont émis simultanément par les stations de base. Le réseau peut être considéré comme une seule immense macrocellule alimentée par plusieurs stations de base. Cette procédure permet de couvrir de manière remarquable une superficie importante à faible trafic, tout en réalisant une économie notable en fréquences.

⁷ Voir : ACROPOL, the French police radiocommunication network, in "Commutation & Transmission" 3/1994.

Abréviations

BER	Bit Error Rate (taux d'erreurs sur les bits)
BS	Basisstation
BT	Bande du filtre relative
CFF	Chemins de fer fédéraux
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DTAP	Conférence suisse des directeurs des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement
ERC	European Radiocommunications Committee
ERP	Effective Radiated Power (puissance apparente rayonnée)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GMSK	Gaussian Frequency Shift Keying
GSM	Global System for Mobile communications
ITU-R	Union internationale des télécommunications, Secteur Radiocommunication
MS	Mobilstation
OFCOM	Office fédéral de la communication
OST	Ordonnance sur les services de télécommunication
PAMR	Public Access Mobile Radio
PAS	Publicly Available Specifications
PDN	Packet Data Network
PMR	Private Mobile Radio (ou Business Private Radio)
RP-CELP	Regular Pulse - Code Excited Linear Predictive
SE21	ERC Working Group Spectrum Engineering, Project Team 21
TDMA	Time Division Multiple Access
TETRA	Trans-European Trunked Radio
TU50	Typical Urban, 50 km/h
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System