

# ARCHITETTURA E SISTEMISTICA DELLA RETE SFN IN VALLE D'AOSTA

S. BERTO, G. BLANCHIETTI, G. GARAZZINO, S. MENEGHELLO \*

**SOMMARIO** — Sono riportati gli elementi fondamentali e le linee guida del progetto della rete isofrequenziale sul canale H2 per la sperimentazione DAB in Valle d'Aosta. Si espongono le soluzioni operative adottate per superare le problematiche interferenziali relative al canale H2 nell'area interessata ed i parametri specifici della rete di trasporto del segnale e degli impianti di diffusione per il corretto funzionamento in isofrequenza.

Sono descritti in dettaglio gli impianti di generazione, trasporto e diffusione del segnale DAB-T con riferimento alla sincronizzazione in frequenza, equalizzazione del tempo di ritardo e linearità degli amplificatori a radiofrequenza, elementi particolarmente importanti per il DAB-T.

**SUMMARY** — *Network architecture and system design of SFN in the Aosta Valley. The fundamental design rules and guidelines of Single Frequency Network on channel 12 in the Aosta Valley for DAB experimental service are reported. The solutions adopted to overpass the channel 12 interference problems in the interested area are illustrated. Moreover the specific parameters for the transport network and broadcasting installations in isofrequency operation are given, with details referred to the frequency synchronisation, time-delay equalisation and radiofrequency amplifier linearity, very important elements for the DAB-T system.*

## 1. Introduzione

La rete a singola frequenza SFN (Single Frequency Network), in Valle d'Aosta, sulla quale si effettua il servizio sperimentale DAB-T su autorizzazione del Ministero PT, è stata progettata ed allestita dal Centro Ricerche in collaborazione con altre strutture aziendali della RAI nel contesto della partecipazione al progetto Eureka 147 DAB e nell'ambito più ampio della sperimentazione dei nuovi sistemi numerici. L'obiettivo primario è di disporre di una area di sperimentazione sulla quale verificare le prestazioni del sistema DAB-T e dei futuri sistemi di televisione numerica terrestre DVB-T nelle reali condizioni di ricezione in area di servizio.

La possibilità di utilizzare la stessa frequenza su impianti di diffusione con aree di copertura sovrapposte e/o adiacenti, deriva dalle caratteristiche dei nuovi sistemi numerici per la radiodiffusione terrestre, sia radiofonica che televisiva, che impiegano la modulazione multiportante OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) consentendo una notevole ottimizzazione dello spettro di frequenze, anche se si pongono nuove problematiche relativamente alla generazione ed al trasporto del segnale agli impianti di diffusione ed alla struttura degli impianti stessi.

La rete SFN in Valle d'Aosta, operativa dal gennaio '95, consiste di quattro trasmettitori operanti in isofrequenza in banda III-VHF canale H2 (canale 12 europeo), sincronizzati in frequenza ed interconnessi tramite collegamento in ponte radio.

Nel presente articolo viene riportata una analisi della situazione di utilizzo dello spettro di frequenze nella banda III-VHF in Valle d'Aosta, con particolare riferimento alla situazione interferenziale cocanale e sui canali adiacenti al canale H2 e si descrivono le soluzioni adottate per superare tali problemi.

Si analizza quindi la sistemistica generale della rete relativamente alla generazione, formazione del blocco DAB e al trasporto dello stesso agli impianti di diffusione; è descritta la struttura degli impianti con riferimento agli apparati ausiliari di telecontrollo e sono riportati i diagrammi misurati dello spettro irradiato da ciascun impianto.

## 2. Utilizzo dello spettro in banda III-VHF in Valle d'Aosta

Come accennato nell'introduzione il canale utilizzato nell'area di sperimentazione è il canale H2, canale 12 europeo, in linea con le indicazioni della CEPT (Bibl. 1) e con le sperimentazioni DAB-T condotte da altri Broadcasters Europei.

La situazione di utilizzo dei canali nella banda III in Valle d'Aosta è rappresentata nelle figure 1a e 1b che riportano la posizione e la frequenza degli impianti RAI, mentre nella figura 2 è riportato sotto forma di istogramma il numero di trasmettitori relativi a ciascun canale nella banda VHF.

Il canale televisivo H2 è stato reso libero in seguito ad accordi tra la RAI (Direzione Diffusione e Trasmissione — Reti di Diffusione) e le emittenti private, condotti sotto le direttive e l'assistenza del Ministero PT, che lo ha assegnato alla RAI su base sperimentale.

\* P.i. Sante Berto, Giuseppe Blanchietti, Giorgio Garazzino e Sergio Meneghello del Centro Ricerche RAI — Torino.

Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 28 Giugno 1996.



Fig. 1a — Cartina che indica gli impianti trasmettenti del servizio pubblico radiotelevisivo in Valle d'Aosta.

Fig. 1b — Località e canali degli impianti trasmettenti del servizio pubblico radiotelevisivo in Valle d'Aosta.

○ IMPIANTI GESTITI DALLA RAI

N	Impianto	TV1	TV2	TV3	TVF	TVS	NF1	NF2	NF3	DM1	DM2
1	ANTEY St ANDRE'	F/H 23/V	35/V	37/V	52/V						
2	AOSTA GERDAZ	D/H 27/H	39/H	46/H	64/H	93.4	97.6	99.8		367	1116
3	AOSTA GERDAZ	H2/HV8									
4	ARNAD	H1/V 24/H	28/H	42/H	48/H						
5	AYAS	D/H 22/H	32/H	44/H	28/H	89.3	93.5	95.9			
6	BLAVY	25/H	35/H	54/H	58/H	66/H					
7	BRUSSON	F/H 26/V	47/V	57/V	65/V	90.3	92.4	94.5			
8	CHALLAND St VICT	H1/H 21/H	33/H	39/H	54/H						
9	CHAMBAVE/CLAPCY	24/H	27/H	39/H	46/H	64/H					
10	CHAMPEVAL	E/V 30/V	40/V	60/V	63/V						
11	CHARDONNEY	H/H 27/H	53/H	41/H	45/H						
12	CHEILLON	37/V	41/V	45/V	57/V	60/V					
13	CDGNE	H/H 29/H	39/H	58/H	65/H	90.1	94.3	99.5			
14	COL DE COURTIL	E/V 34/HV45/HV53/HV	60/HV	91.8	93.7	98.5					
15	COURMAYEUR L.P.	G/H 33/H	63/H	55/H	65/H	87.7	95.7	98.9			
16	CREPIN	G/H 31/H	41/H	51/H	57/H						
17	CREST	H/H 24/H	30/H	51/H	54/H						
18	DELIVRET	G/H 28/H	30/H	43/H	59/H	89.4	92.1	96.3			
19	DIALLEY	21-H	29-H	33-H	43-H	50-H					
20	FONTAINEMORE	D/H 29/H	46/H	44/H	62/H	90.0	92.3	95.3			
21	GABY	G/V 21/V	28/V	49/V	64/V	89.5	94.8	97.2			
22	GRAND ROSIER	F/H 21/H	48/H	63/H	65/H	89.9	93.1	98.6			
23	GRESSONEY	D/H 37/H	41/H	51/H	54/H	88.6	90.6	93.0			
24	HONE BARD	H/H 22/V	25/V	47/V	57/V	87.6	92.9	94.9			
25	ISSIME	H1/V 24/H	57/H	31/H	59/H	88.3	91.6	93.7			
26	LA THUILE	H/H 31/H	34/H	46/H	64/H						
27	LAZEY	F/H 32/HV44/HV7/HV54/HV	92.7	95.3	97.1						
28	PERLOZ	G/H 25/H	42/H	48/H	54/H	89.1	91.3	94.4			
29	PIALEMONT	D/V 24/H	40/H	51/H	61/H	88.2	91.3	95.4			
30	PLATEAU ROSA	H/V 29/V	48/V	50/V	58/V	94.9	97.0	99.1			
31	PONT St MARTIN	H1/H27/HV	89/HV58/HV53/HV	88.590.7	95.9						
32	QUART	H/H 33/H	45/H	50/H	52/H						
33	St BARTHELEMY	H2/H 42/V	53/V	57/V	61/V						
34	St NICOLAS	H1/H 24/H	49/H	37/HV51/HV	88.3	90.4	94.0				
35	St VINCENT	G/H 31/HV41/HV56/HV	83/HV	88.9	91.1	96.3					
36	St VINCENT	H2/HV8				103.3					
37	TETE D'ARPY	E/H 26/H	57/H	42/H	59/H	89.3	94.7	96.7			
38	TETE D'ARPY					103.3					
39	TORGNON	D/H 21/H	25/H	33/H	54/H	88.3	92.4	94.0			
40	VALDORNIENCHE	H1/H 27/H	39/H	49/H	64/H						
41	VERTHUY	F/V 22/H	47/H	59/H	62/H						

● Previsto

○ IMPIANTI GESTITI DA COMUNITA', ENTI, PRIVATI IN COLLABORAZIONE CON LA RAI

N	Impianto	TV1	TV2	TV3	TVF	TVS	NF1	NF2	NF3	DM1	DM2
<b>C.M. GRAND COMBIN</b>											
1	ETROUBLES	43-H	47-H	49-H	51-H	61-H					
2	ST OYEN	40-V	42-V	46-V	48-V	50-V					
3	PLAN PUITZ	21-H	23-H	56-H	32-H	63-H					
4	RONC	24-H	34-H	45-H	37-H	41-H					
5	TORRE TORNALLA	37-H	41-H	45-H	57-H	60-H					
6	BIDNAZ	25-H	27-H	31-H	47-H	64-H					
7	LE CHANTE'	22-H	24-H	31-H	44-H	51-H					
<b>C.M. GRAND PARADIS</b>											
1	RUMIOD	29-V	33-V	35-V	45-V	58-V					
2	FLANAVAL	H-V	21-H	23-H	60-H	66-H					
3	BIDNE	F-V	25-H	37-H	41-H	63-H					
4	LE ROCHER	27-H	29-H	31-H	39-H	57-H					
5	COURTHOUD	H-V	21-H	23-H	60-H	66-H					
6	MELIGNON	F-H	25-H	37-H	41-H	63-H					
7	CHAUDANNAZ	D-V	27-H	31-H	39-H	57-H					
8	ROVENAUD	H-V	21-H	23-H	60-H	66-H					
9	CRETON	F-V	25-H	37-H	41-H	63-H					
10	MONT ZEUC	D-V	21-H	35-H	45-H	53-H					
11	POIGNON	23-V	27-V	39-V	46-V	64-V					
12	SARRAL	26-V	40-V	48-V	55-V	62-V					
13	LILLAZ	33-H	43-H	46-H	55-H	61-H					
14	VALMONTY	33-V	43-V	46-V	55-V	61-V					
15	CHAILLOD	53-V	55-V	61-V	66-V	68-V					
16	MAISONNASSE	27-H	29-H	34-H	39-H	46-H					
17	PONT	26-V	30-V	40-V	54-V	61-V					
18	PRAVIEUX	22-H	33-H	44-H	47-H	51-H					
<b>C.M. VALDIGNE-M. BLANC</b>											
1	MONT DU PARC	G-H	21-H	35-H	53-H	61-H					
2	PETITE GOLETTE	D-V	37-H	32-H	21-H	39-H					
3	LEICHEY	F-V	D-V	H-V	42-V	H1					
4	FORTINO	23-H	27-H	46-H	38-H	43-H					
5	VILLAIR INF.	23-V	27-V	58-V	43-V	60-V					
6	PREVILLAIR	29-V	22-V	34-V	56-V	41-V					
<b>C.M. EVANCON</b>											
1	EXTREPIERAZ	25-H	33-H	45-H	30-H	40-H					
2	FIUSEY	24-H	26-H	39-H	64-H	66-H					
3	CHEVRERE	55-V	30-V	40-V	63-V	66-V					
<b>C.M. MONTE ROSA</b>											
1	PINNTRENTAZ	E-H	30-H	36-H	38-H	52-H					
<b>C.M. WALSER</b>											
1	KROME	H1-H	26-H	24-H	43-H	46-H					
2	BODMA	F-H	25-H	27-H	46-H	47-H					

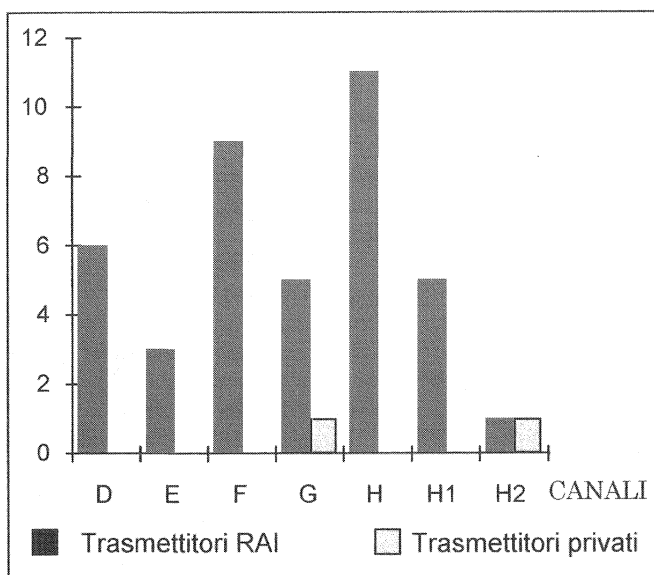


Fig.2 — Trasmettitori della RAI e dei privati nella Banda III VHF.

La situazione di utilizzo del canale H2, in Valle d'Aosta, è discretamente favorevole, in quanto su tale canale non sono presenti segnali radiotelevisivi ma si riscontrano, se pure in modo sporadico, alcuni trasferimenti MF. All'inizio della sperimentazione, si erano evidenziate alcune problematiche derivanti da interferenze cocanale del segnale DAB, irradiato da Gerdaz e St. Vincent, sul segnale PAL nell'area di servizio del ripetitore RAI di St. Bartelemy, utilizzante lo stesso canale H2 per la diffusione del programma televisivo di RAI 1. Per ovviare all'inconveniente, che richiedeva quantomeno di limitare la potenza del segnale numerico in diffusione, si è provveduto a cambiare la frequenza del ripetitore di St. Bartelemy dal canale H2 al canale E.

Analogamente erano state evidenziate problematiche relativamente alla interferenza sul canale adiacente H1, che alimenta a rimbalzo da St. Nicolas l'impianto di Gerdaz per la diffusione del programma RAI 1, a causa del disaccoppiamento insufficiente tra l'antenna ricevente del segnale PAL sul canale H1 e quella trasmittente DAB sul canale H2. Ciò determinava un peggioramento di qualità del segnale RAI 1 diffuso su Aosta dopo la conversione dal canale H1 al canale D.

Il problema è stato risolto fornendo il segnale di modulazione RAI 1 all'impianto di Gerdaz, per il servizio principale, attraverso un sistema a ponte radio semplificato B2. Di conseguenza l'alimentazione a rimbalzo da St. Nicolas permane solo come riserva e l'eventuale peggioramento determinato dal segnale numerico DAB è limitato alle sole condizioni sporadiche in cui il servizio sia effettuato attraverso l'impianto di riserva.

La verifica della situazione interferenziale in Valle d'Aosta ha richiesto inizialmente un notevole impegno e le problematiche da essa derivanti sono state risolte grazie alla fattiva collaborazione delle strutture tecniche della RAI (Direzione Diffusione e Trasmissione e Sede RAI di Aosta).

### 3. Sistemistica generale della Rete SFN

La Valle d'Aosta ha caratteristiche adatte alla sperimentazione dei nuovi sistemi numerici radio televisivi in quanto presenta una tipologia territoriale differenziata con aree montane circostanti, zona urbana della città, zone pianeggianti sull'autostrada A5, che consentono di trarre indicazioni generali sulla operatività dei nuovi sistemi.

Gli impianti trasmittenti utilizzati nella rete sperimentale SFN per il DAB-T sono installati nei siti che ospitano gli impianti operativi per la diffusione del servizio radiofonico MF e televisivo della RAI, consentendo in tal modo un'ottimizzazione dei nuovi allestimenti grazie alla presenza dei servizi esistenti (infrastrutture, alimentazioni, ecc.).

Per avere fin dall'inizio un'area di sperimentazione sufficientemente ampia e diversificata per la tipologia dell'ambiente, sia nel fondovalle pianeggiante che nelle aree limitrofe montuose, sono stati scelti, gli impianti di St. Vincent, Gerdaz e Blavy, che permettono di avere un'area di copertura comprendente i centri abitati di Aosta, St. Vincent, Chatillon, Nus, ecc., il tratto autostradale A5 da St. Vincent ad Aosta e la prima parte della superstrada da Aosta al Gran S. Bernardo, oltre ad altre aree con minore densità abitativa e di traffico automobilistico.

Successivamente la rete SFN è stata estesa verso Sud con l'attivazione dell'impianto trasmittente del Col de Courtil in modo da avere copertura del servizio DAB-T sulla autostrada Torino-Aosta fino ad Ivrea ed aree limitrofe.

Il Centro trasmittente di St. Vincent dista 25 Km. dalla città di Aosta, rispetto alla quale gli impianti di Gerdaz e Blavy sono situati, in posizione elevata, simmetricamente a circa 6 Km di distanza in linea d'aria. Il Centro trasmittente di Col de Courtil è situato all'inizio della valle laterale di Champorcher ad una distanza di 15 Km in linea d'aria dal Centro di St. Vincent. In figura 3 è riportata la cartina geografica con l'indicazione delle quattro località.

Il Centro Trasmittente di St. Vincent è considerato impianto caporete, in quanto dotato di migliori infrastrutture relativamente a alimentazioni, attestazione dei collegamenti in ponte radio della rete nazionale, disponibilità dei segnali radio in banda base utilizzabili per il simulcast nel sistema DAB. La sistemistica generale della rete dipende largamente dalle caratteristiche del sistema numerico in sperimentazione; nel seguito si farà riferimento al DAB-T, anche se il progetto generale della rete è stato effettuato in modo aperto alla eventuale sperimentazione del sistema televisivo numerico terrestre DVB-T.

Come accennato nella introduzione, uno degli elementi innovativi che contraddistinguono il sistema DAB-T, è la caratteristica di operare in rete SFN con più impianti trasmittenti che utilizzano la stessa frequenza per la diffusione.

Si rimanda agli articoli di bibliografia 2, 3 e 4 per una approfondita descrizione del sistema DAB-T e delle tecniche di codifica e modulazione che lo distinguono, riassumendo qui di seguito le implicazioni essenziali per la rete di collegamento e gli impianti di diffusione.

- Per il corretto funzionamento in isofrequenza SFN è necessario che i segnali DAB-T irradiati dai vari impianti siano conformi nel contenuto del multiplex, coerenti in frequenza e sincroni nel tempo.
- La conformità del multiplex si può ottenere costituendo il multiplex numerico dei vari programmi radiofonici in un unico punto nodale della rete.

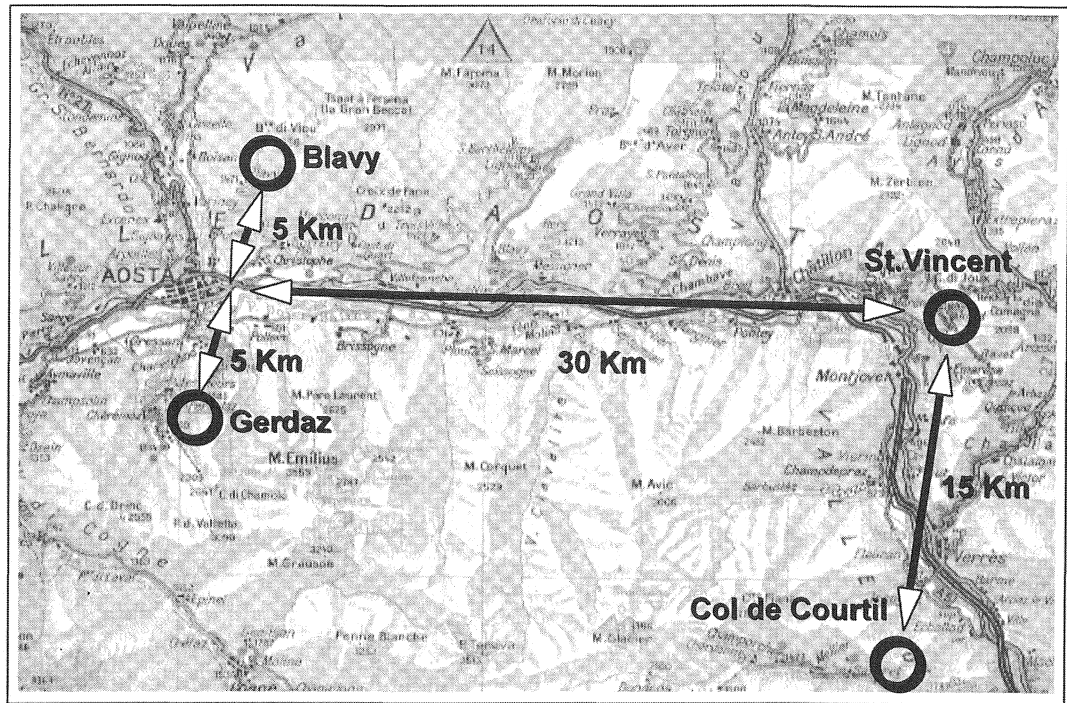


Fig. 3 — Siti dei trasmettitori per il servizio sperimentale DAB in Valle d'Aosta.

- La sincronizzazione nel tempo richiede l'equalizzazione del ritardo di propagazione relativo ai trasmettitori DAB della rete SFN.
- La precisione della frequenza necessaria ai diversi impianti operanti in Isofrequenza è stimata intorno a una parte su  $10^{-9}$ .

Per rispondere adeguatamente alle caratteristiche suddette, si è impiegata la tecnica di distribuzione del segnale DAB-T, modulato COFDM, ipotizzando dapprima di operare dal Centro Ricerche RAI di Torino e effettuare il trasporto del segnale agli impianti attraverso collegamenti via satellite o ponte radio. Successivamente, dato il carattere sperimentale della rete SFN e la necessità di limitare l'im-

pegno del collegamento da Torino a St. Vincent, si è scelto come punto per la generazione del segnale DAB il Centro trasmittente di St. Vincent, da cui il segnale viene trasportato agli altri tre impianti di Gerdaz, Blavy e Col de Courtil mediante un collegamento in ponte radio in modo *pseudo video*, realizzato con una prima tratta di collegamento fisso a 2 GHz tra St. Vincent e la sede RAI di Aosta e una successiva tratta di ponte mobile a 10,5 GHz tra la sede Aosta e gli impianti di Gerdaz e Blavy e con un collegamento in ponte mobile tra St. Vincent e Col de Courtil.

In figura 4 è riportato lo schema della rete SFN nelle linee fondamentali.

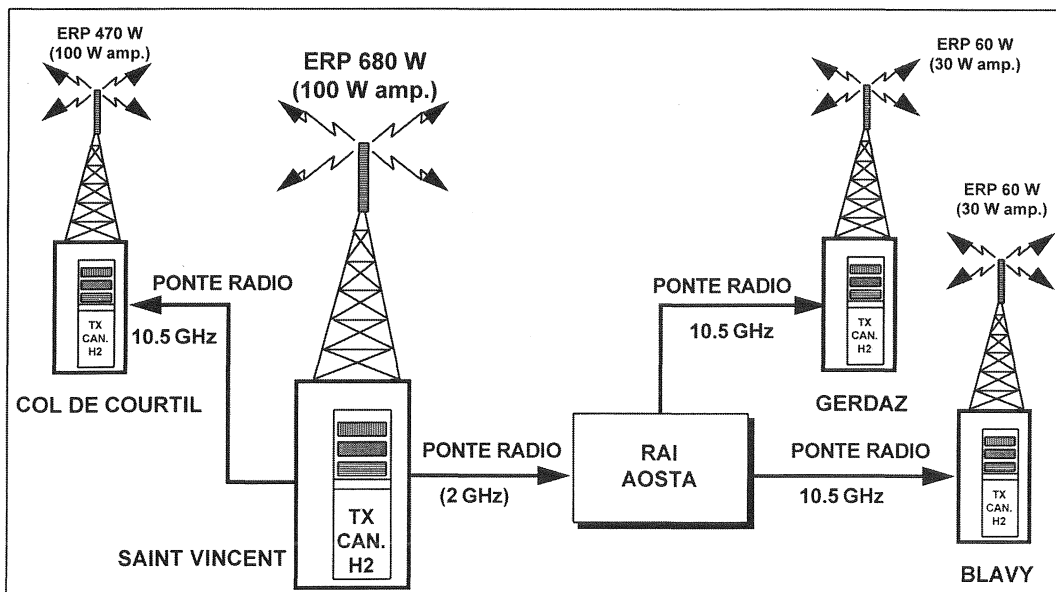


Fig. 4 — Rete sperimentale SFN sul Canale H12 in Valle d'Aosta — Impianti trasmettenti.

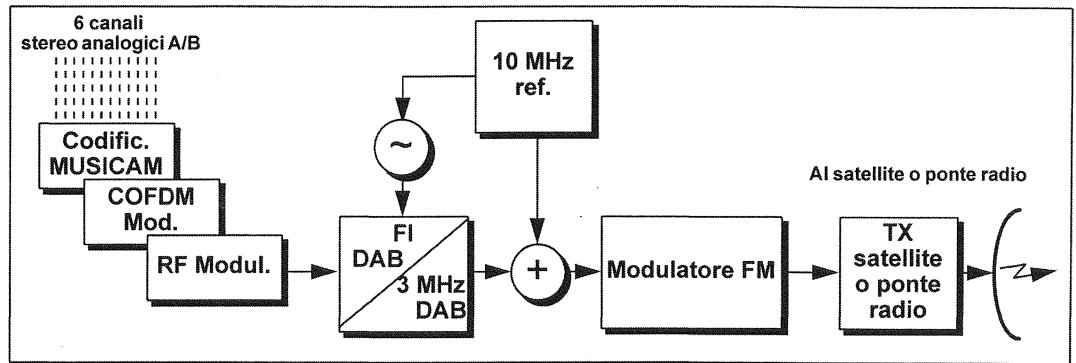


Fig. 5 — Rete SFN DAB — Formazione del blocco DAB e distribuzione del segnale COFDM.

**4. Impianti di trasmissione per sistema numerico DAB in rete SFN**

Per soddisfare i requisiti operativi esposti al paragrafo 3, si è adottata per la rete DAB-T la struttura riportata negli schemi a blocchi di figura 5, per la parte generazione e trasporto, e di figura 6 per la parte diffusione .

La generazione del blocco DAB avviene presso il Centro di St.Vincent attraverso il processo di codifica, moltiplicazione e modulazione, con ingresso dei segnali audio analogici e uscita del segnale modulato COFDM a frequenza intermedia (36 MHz). Per il trasporto del segnale mediante collegamenti in ponte radio analogico si utilizza il cosiddetto modo «pseudo video» con conversione del segnale DAB/COFDM dalla frequenza intermedia di 36 MHz alla frequenza di 3 MHz, in banda video. A questo livello viene sommato un segnale di riferimento a 10 MHz per consentire la sincronizzazione in frequenza dei trasmettitori. Il segnale completo di banda base viene inviato al modulatore FM del collegamento in ponte radio (che, in generale, potrebbe anche essere un collegamento via satellite).

In tal modo si conserva la conformità del blocco DAB e si garantisce la perfetta sincronizzazione di tutti gli impianti di diffusione della rete SFN, attraverso un unico segnale di riferimento.

Per l'impianto caporete di St. Vincent, essendo la generazione e diffusione del segnale DAB-T nello stesso luogo, manca, ovviamente, il collegamento di trasporto anche se in linea di principio lo schema dell'impianto di trasmissione è simile a quelli di Gerdaz e Blavy e Col de Courtil. Per questi si è adottato lo schema riportato in figura 6. Il segnale ricevuto dal collegamento in ponte radio restituisce dopo la demodulazione FM, il segnale DAB-T, in banda video a 3 MHz e il segnale di riferimento a 10 MHz.

Quest'ultimo viene estratto e inviato alla sincronizzazione degli apparati convertitori mentre il segnale DAB-T di banda base, viene fatto transitare in un apposito ritardatore, che, a livello numerico, attraverso conversione A/D e susseguente D/A, permette di equalizzare il tempo di propagazione del segnale irradiato. Si opera quindi la conversione a frequenza intermedia e successivamente alla frequenza finale del canale H2, dove avviene l'amplificazione di potenza al valore finale previsto per la copertura.

Nei paragrafi successivi è data una descrizione più dettagliata degli impianti trasmettenti con rilievo alle differenze tra il «centro caporete» di St. Vincent e quelli di Gerdaz e Blavy e Col de Courtil.

**4.1 IMPIANTO TRASMETTENTE CAPORETE SFN CON GENERAZIONE DEL SEGNALE DAB**

Lo schema a blocchi del primo impianto trasmettente della rete SFN, a St.Vincent, dove viene attualmente generato il segnale DAB è più complesso degli altri, in quanto oltre agli apparati di generazione e a quelli specifici per la diffusione, comprende anche la generazione e l'inserimento in rete del segnale di riferimento in frequenza. È prevista inoltre la possibilità di irradiare in rete un segnale PAL-B, per misure di caratterizzazione in area del canale trasmissivo.

Lo schema a blocchi dell'impianto è riportato in figura 7 per la parte sorgente dei segnali e figura 8 per la parte relativa alla diffusione.

Dall'esame del diagramma a blocchi di figura 7 risultano le molteplici configurazioni dell'impianto, che consente di scegliere tra due diversi segnali di banda base BB1 e BB2 e tra due filtri di diversa larghezza di banda: ciò per consentire l'inserimento in banda base del segnale DAB oppure del segnale PAL per le verifiche preliminari in area. Il segnale di riferimento a 10 MHz viene sommato al se-

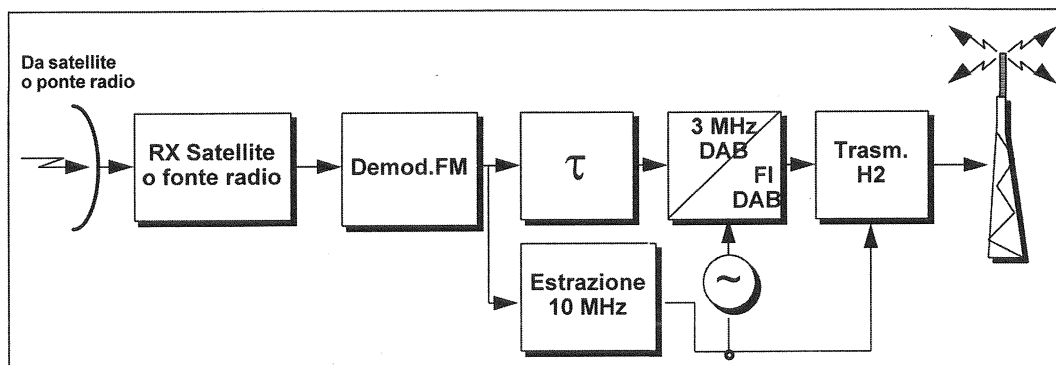


Fig. 6 — Rete SFN DAB — Ricezione del segnale COFDM ed impianto trasmettente DAB.

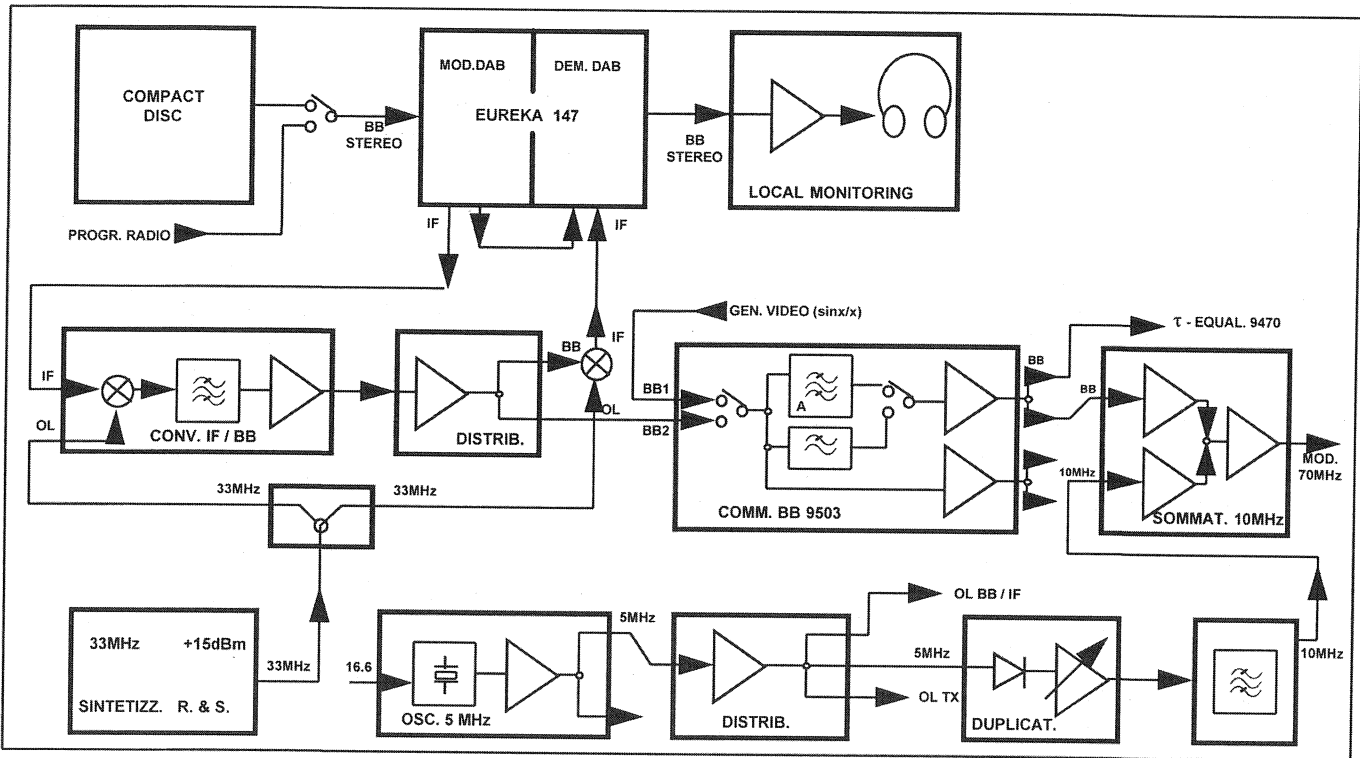
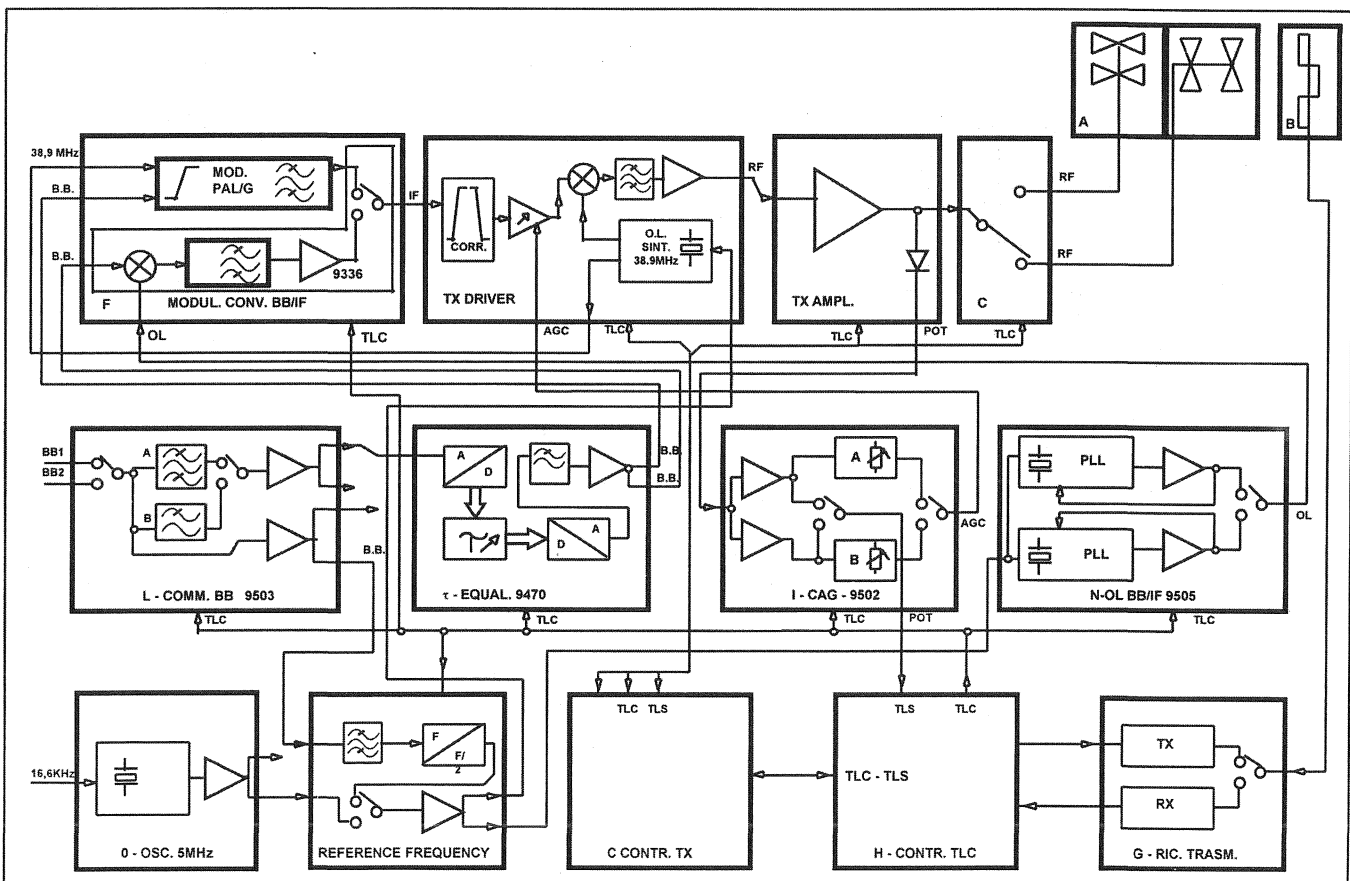


Fig. 7 — Schema a blocchi dell'impianto di generazione e distribuzione del segnale DAB.

Fig. 8 — Schema a blocchi degli apparati di diffusione della rete SFN.



gnale di banda base ed inviato a tutti gli impianti della rete per consentire la sincronizzazione in frequenza. Si deve notare che per il DAB è sufficiente la precisione di  $1 \cdot 10^{-9}$ , ottenibile con l'aggancio degli apparati al segnale di riferimento generato in ogni impianto da un generatore a 5 MHz controllato dalla pilota a 16,66 kHz distribuita nel multiplex FM. La distribuzione della frequenza di riferimento comune a tutti gli impianti è stata prevista per maggiore sicurezza e per eventuali future prove di sistemi televisivi numerici.

Considerando ora lo schema a blocchi di figura 7 si individuano:

- la generazione del segnale; nel caso specifico è utilizzato il generatore DAB PHILIPS Eu 147 che fornisce l'uscita FI a 36 MHz e può essere alimentato dal programma radio MF o da un lettore CD.
- la conversione del segnale da frequenza intermedia a banda base intorno a 3 MHz.
- la suddivisione del segnale di banda base su due percorsi:
  - il primo, sommato con la frequenza di riferimento, viene inviato al modulatore del ponte radio per il trasferimento agli impianti successivi della rete.
  - il secondo è utilizzato per la diffusione attraverso la catena rappresentata in figura 8, iniziando dal blocco ritardatore RAI/CR 9470.

Il seguito della catena di trasmissione è identico a quello degli altri impianti e sarà descritto nel paragrafo seguente.

Le risposte spettrali, alla frequenza intermedia 36 MHz e dopo la conversione in banda base sono riportate in figura 9 e 10.

#### 4.2 IMPIANTI DI DIFFUSIONE DELLA RETE SFN

Gli impianti della rete SFN di Gerdaz e Blavy sono alimentati via ponte radio con una tratta fissa (PV9) a 2 GHz

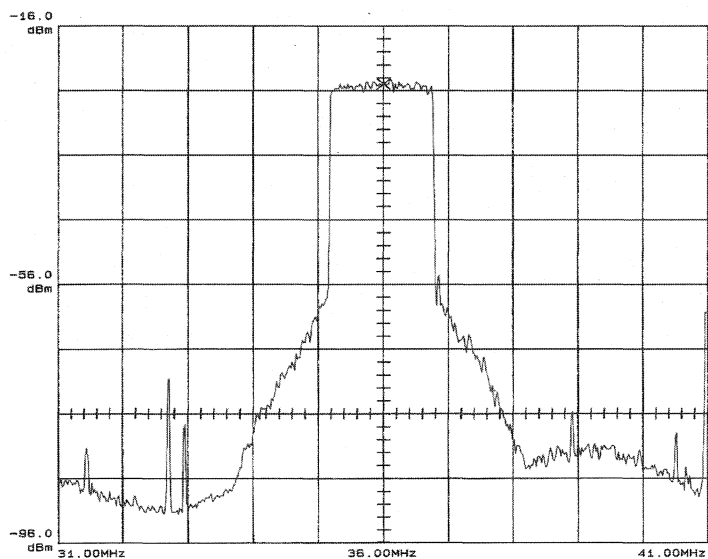


Fig. 9 — Modulatore DAB Philips — Spettro a frequenza Intermedia FI = 36 MHz; livello — 5 dBm.

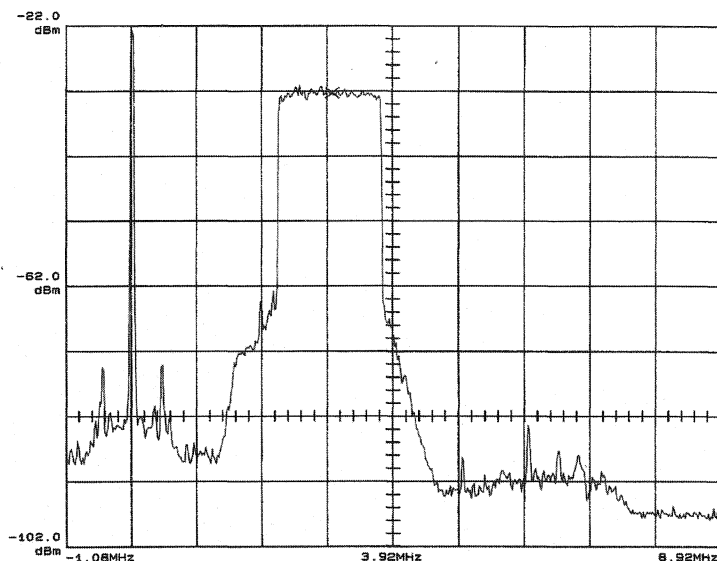


Fig. 10 — Modulatore DAB Philips — Spettro in Banda Base BB = 3 MHz; livello 1 Vpp.

tra St. Vincent e Aosta (sede RAI) e con una tratta mobile a 10,5 GHz tra Aosta (sede RAI) e i centri stessi. L'impianto di Col de Courtil è collegato con il Centro di St. Vincent con ponte radio mobile a 10,2 GHz. Ciascun impianto è pertanto equipaggiato con ricevitore e demodulatore FM, che fornisce il segnale numerico COFDM in banda base sommato al segnale di riferimento a 10 MHz (la risposta spettrale è riportata in figura 11).

Questo segnale composto transita attraverso il commutatore BB Tipo RAI/CR 9503 (figura 8), che fornisce:

- il segnale di banda base non filtrato con il riferimento a 10 MHz, da cui si ricava il segnale 5 MHz di riferimen-

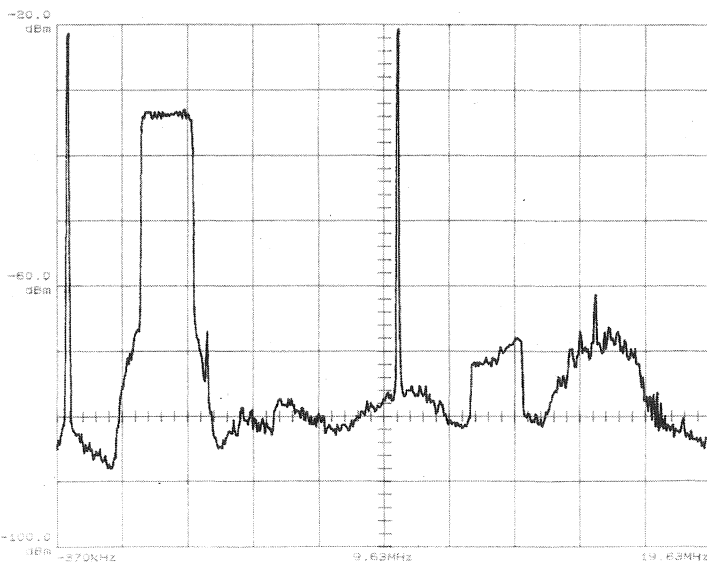


Fig. 11 — Impianto di Blavy — Spettro in uscita dal ponte radio.

to uguale per tutti gli impianti, per il perfetto sincronismo degli stessi. Peraltro, in ogni impianto è presente un generatore a 5 MHz controllato dalla pilota a 16,66 kHz, che può essere utilizzato in tutti i casi in cui non è necessario avere una stabilità assoluta. La scelta tra le due opzioni viene effettuata nel modulo Tipo RAI/CR 9504;

- il segnale utile numerico filtrato, che viene inviato al ritardatore Tipo RAI/CR 9470 e successivamente ai moduli convertitori banda base — frequenza intermedia e infine all'apparato trasmettitore vero e proprio (eccitatore pilota e stadio finale amplificatore) e al sistema radiante commutabile orizzontale o verticale.

L'eccitatore pilota comprende il correttore di linearità a frequenza intermedia, il correttore di ritardo dei filtri di canale, il controllo automatico della potenza d'uscita ed il convertitore di canale FI-H2 con oscillatore ad elevata stabilità a sintesi di frequenza quarzata. La potenza d'uscita è di 5 Watt video (picco sincronismi).

Per la conversione banda base — frequenza intermedia si impiega un oscillatore Tipo RAI/CR 9505; per la conversione frequenza intermedia — frequenza finale H2 si utilizza l'oscillatore del modulo pilota, che fornisce anche il segnale a 38,9 MHz al modulatore PAL-B, utilizzato con il segnale  $\text{Sin}(x)/x$  per misure di caratterizzazione del canale radio.

Entrambi gli oscillatori sono agganciati alla frequenza di riferimento distribuita dal modulo RAI/CR 9504.

Gli ulteriori moduli presenti nel diagramma a blocchi di figura 9 sono relativi al sistema di telecomando e telesegnalazione, progettato per poter predisporre gli impianti trasmettenti in diverse configurazioni operative e avere una segnalazione della corretta funzionalità. Esso si basa su un apparato Algorab Tipo RU100, che opera mediante ricetrasmettitore FM alla frequenza di 459,825 MHz e consente di effettuare, via radio, da un mezzo mobile o da un punto fisso dell'area di servizio alcune operazioni sugli impianti. È prevista la scelta della polarizzazione orizzontale o verticale del sistema radiante, l'accensione e spegnimento dell'apparato trasmettitore per analizzare la copertura dell'area di servizio con i trasmettitori operativi singolarmente e contemporaneamente, oltre ad altre funzioni speciali di controllo.

Le telesegnalazioni di ritorno permettono anche la lettura remota della potenza di emissione di ciascun impianto trasmettente.

Nel successivo paragrafo 4.3 si esaminano le problematiche relative ai moduli amplificatori finali.

#### 4.3 Potenza degli apparati trasmettenti e caratteristiche spettrali

La potenza degli apparati trasmettitori è determinata dalla intensità di campo richiesta ai limiti dell'area di servizio sulla base delle caratteristiche dell'antenna trasmettente.

Una particolare attenzione deve essere rivolta alle caratteristiche degli amplificatori finali in radio frequenza, in quanto per i segnali modulati COFDM, l'elevato rapporto del valore di picco su valore medio pone vincoli sulla potenza massima utilizzabile a causa della forte intermodulazione *in banda*, che determina un degradamento del rap-

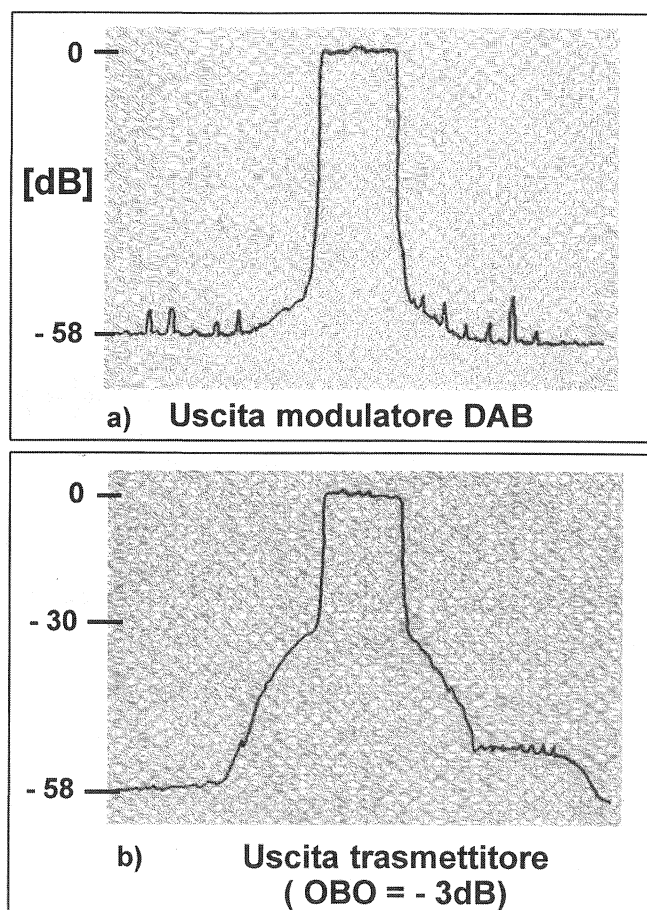


Fig. 12 — Distorsione dello spettro del segnale DAB-T derivante dalla tipica non-linearità di un trasmettitore.

porto portante rumore  $C/N$ , e *fuori banda*, con disturbi sui canali adiacenti. La risposta spettrale del segnale DAB-T, tipicamente rettangolare (figura 12a), in uscita dal modulatore viene distorta assumendo la forma di figura 12b con le tipiche «spalle» (shoulder) fuori banda che devono rientrare nella maschera prevista dalla CEPT (Bibl. 1).

Per evitare di dover operare in condizioni di forte declassamento della potenza di picco nominale del trasmettitore, è necessario ricorrere a tecniche di linearizzazione e prevedere il filtraggio finale in radiofrequenza, peraltro oneroso in quanto sono richiesti filtri molto selettivi a costanti distribuite, e perciò ingombranti e costosi. Per ottimizzare il punto di lavoro del sistema, sono state effettuate misure in laboratorio agendo sulla precorrezione a frequenza intermedia. In figura 13 è visibile l'effetto dello spostamento del punto di lavoro dell'amplificatore, di potenza massima al picco sincronismi video di 100 Watt, che è stato declassato per operare a 75, 50, 30 Watt: si nota una progressiva riduzione del livello dell'intermodulazione fuori banda che passa da -30 dB a -45 dB.

Nelle figure 14, 15, 16 e 17, sono riportate le risposte spettrali dei quattro trasmettitori di St. Vincent, Gerdaz, Blavy e Col de Courtil all'uscita verso l'antenna nelle condizioni operative. L'apparato amplificatore finale è di 200 Watt picco video per l'impianto di St. Vincent che opera a 100 Watt DAB; e di 100 Watt picco video, per gli impianti di Gerdaz, Blavy e Col de Courtil che operano a 30 Watt DAB, i primi due ed a 50 Watt DAB il terzo.



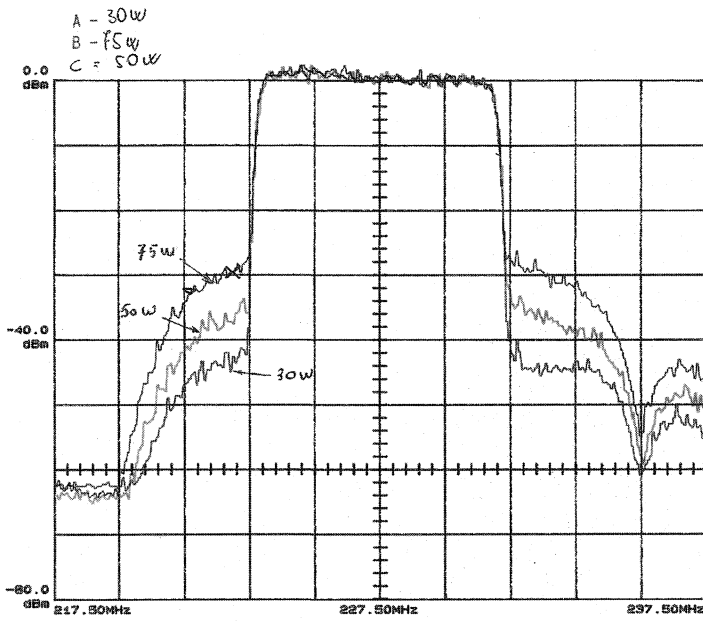
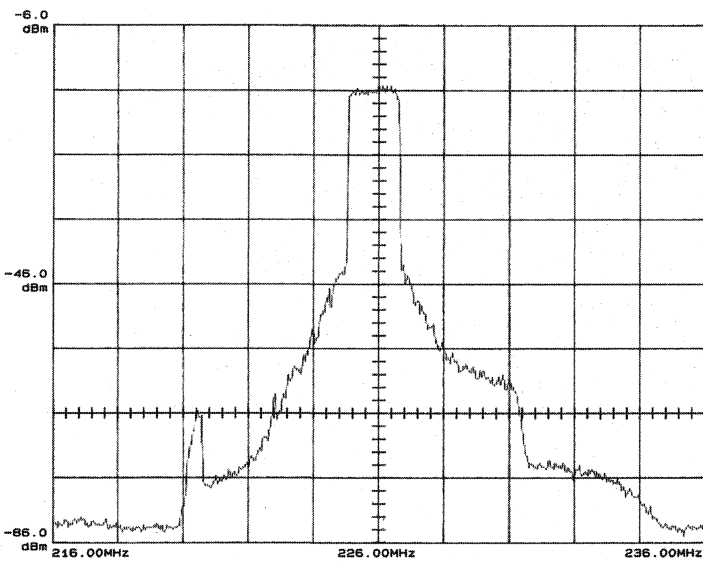


Fig. 13 — Spettro in uscita dall'amplificatore TV 100 Watt picco video.

Fig. 14 — Trasmettitore di St. Vincent — Potenza 100 W DAB.



La tabella 1 riassume i dati significativi dei 4 impianti. Si noti la differenza nelle risalite che è migliore nei due impianti che operano a 30 Watt con un livello di intermodulazione sui canali adiacenti di circa -35 dB, contro i -30 dB ottenuti sugli impianti di St. Vincent e Col de Courtil.

Fig. 17 — Trasmettitore di Col de Courtil — Potenza 100 W DAB.

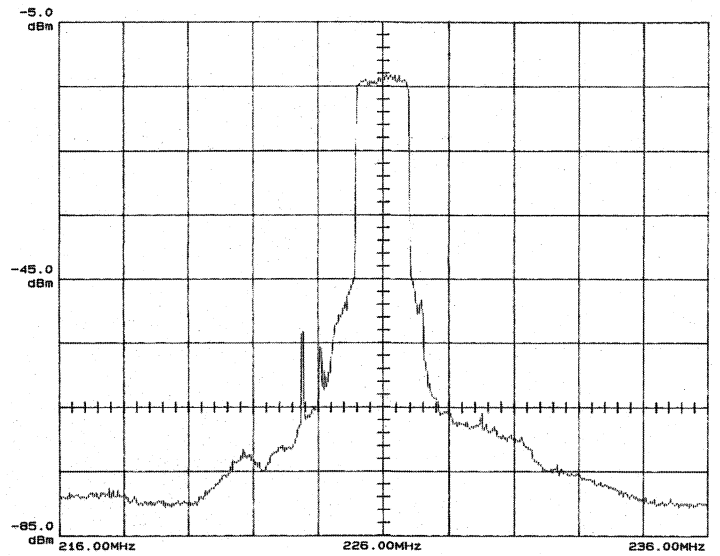


Fig. 15 — Trasmettitore di Gerdaz — Potenza 30 W DAB.

Fig. 16 — Trasmettitore di Blavy — Potenza 30 W DAB.

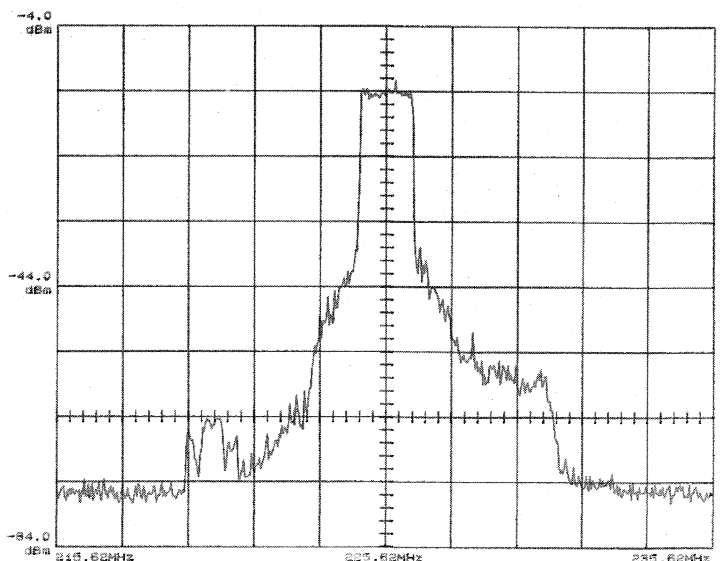
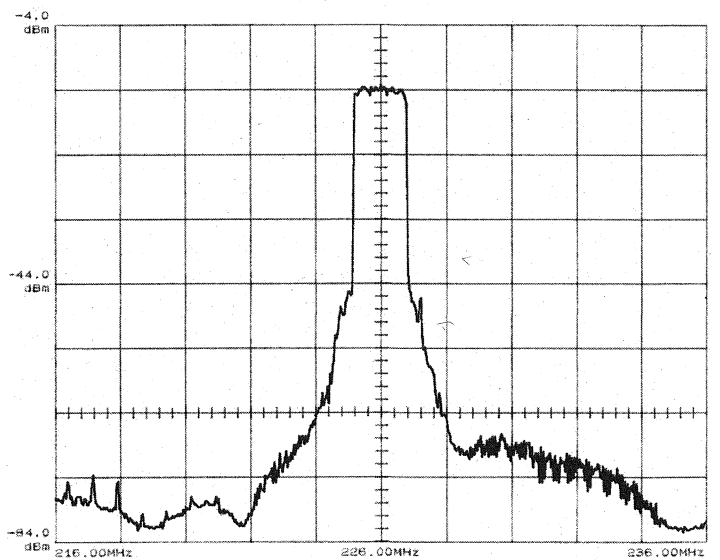


TABELLA 1  
RETE SPERIMENTALE SFN SUL CANALE 12 IN VALLE D'AOSTA:  
CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI TRASMETTENTI

Località	Potenza Apparato	ERP	* Frequenza (MHz)	Polarizzazione
St. Vincent	200 W** (OBO 3 dB) 100 W	680 W	225,648	V
Gerdaz	100 W (OBO 5 dB) 30 W	61 W	225,648	V
Blavy	100 W (OBO 5 dB) 30 W	61 W	225,648	V
Col de Courtil	200 W (OBO 3 dB) 100 W	430 W	225,648	V

\* Stabilità:  $1 \cdot 10^{-9}$ .

Una stabilità migliore può essere ottenuta per la distribuzione di una frequenza di riferimento comune a tutti gli impianti.

\*\* Picco sincronismi.

## 6. Conclusioni

La rete isofrequenziale SFN in banda III su canale H2 della Valle d'Aosta è stata progettata e realizzata dal Centro Ricerche in collaborazione con la Direzione Diffusione e Trasmissione e la Sede Regionale di Aosta. La rete comprende i quattro impianti di St. Vincent, Gerdaz, Blavy e Col de Courtil e consente la copertura del fondovalle e delle zone limitrofe da Quincinetto ad Aosta e delle valli laterali, particolarmente la valle del Gran San Bernardo fino ad Etroubles.

La rete suddetta è operativa da gennaio '95; da giugno '96 è stato attivato l'impianto di Col de Courtil. Nel blocco DAB-T di 1,5 MHz è irradiato in permanenza un bouquet costituito dai 3 programmi RAI e da programmi generati localmente a scopo sperimentale.

Nell'area di servizio dei tre impianti di St. Vincent, Gerdaz e Blavy sono state effettuate estese campagne di misura, sia in ricezione fissa per la verifica della funzionalità degli impianti e del sistema in condizioni di propagazione multipercorso, sia in ricezione mobile, finalizzate alla determinazione della copertura e dei parametri di pianificazione.

Le procedure impiegate ed i risultati ottenuti sono illustrati in articoli successivi.

## BIBLIOGRAFIA

1. - *Technical Bases for the CEPT T-DAB PLanning*. «Doc EBU BPN 003, Giugno 1995»
2. - *RADIO BROADCAST SYSTEMS; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile portable and fixed receivers*. «ETS 300 401», Dicembre 1994
3. - M. COMINETTI: *Il DAB una innovazione tecnologica per la radiodiffusione sonora* «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 2, 1993
4. - G. ALBERICO, S. RIPAMONTI, B. SACCO: *Il DAB nuove soluzioni tecniche per la Radio diffusione sonora*. «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 3, 1993

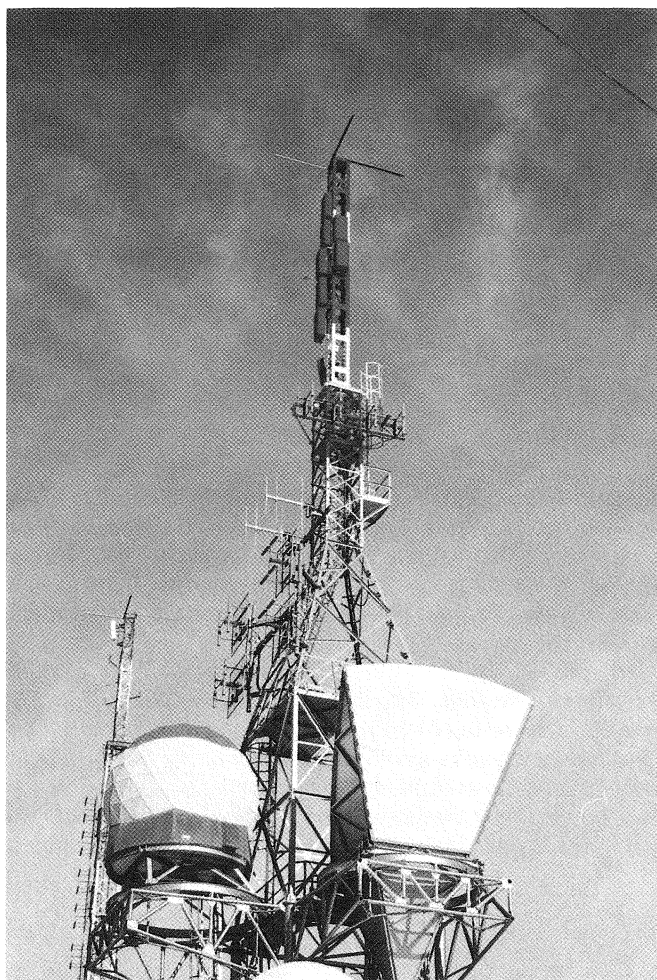


Fig. 18 — Centro trasmettente della RAI a Saint Vincent; si notino sul traliccio i sistemi radianti in polarizzazione verticale e orizzontale — banda III del sistema DAB.

