

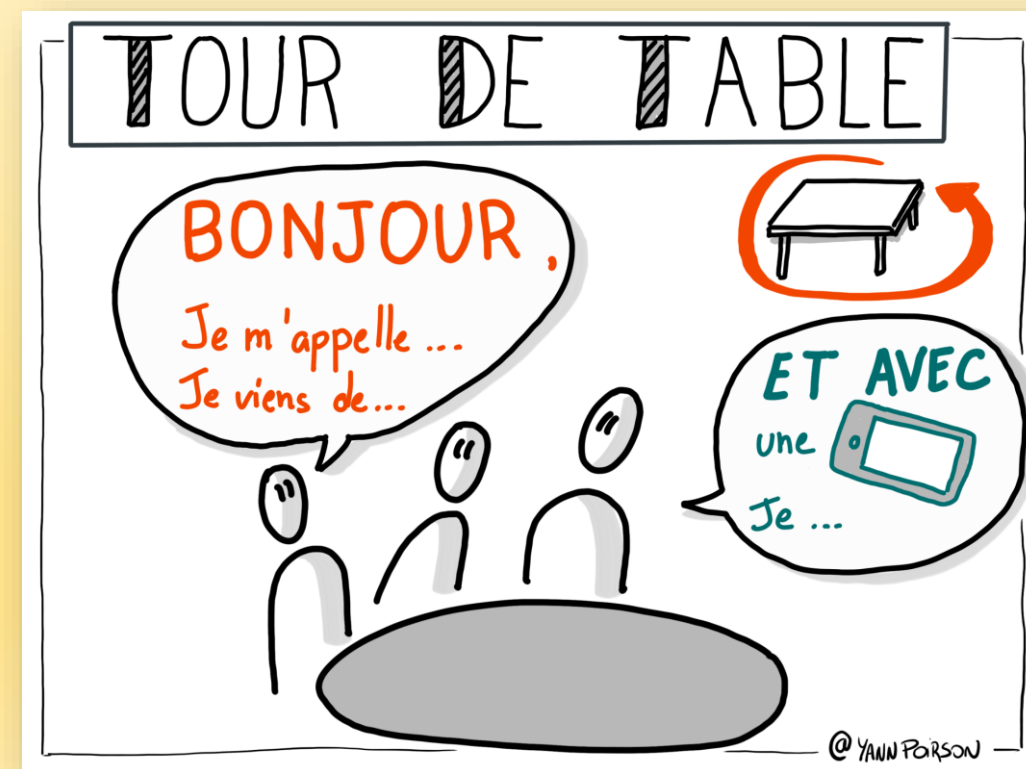
# Présentation des modes numériques amateurs

Par F4JFU Maël (09/03/2024)



# Faisons connaissance :

- Nom, prénom
- Indicatif
- QTH
- Notions en digital ?
- Déjà pratiqué en numérique ?
- Equipements numériques au QRA ?  
→ marque, modèle.



# Sommaire :

## -Qu'est-ce que le numérique en radio ?

Définition, modes utilisés en amateur, FDMA, TDMA.

## -Digital Mobile Radio (DMR) ?

Historique, versions, qualité, équipements, interconnexion.

## -Continuous 4-Level Frequency Modulation (C4FM) ?

Historique, fonctionnement, possibilités, équipements.

## -Digital Smart Technologies for Amateur Radio (D-STAR) ?

Historique, principe, équipements.

## -Conclusion :

Avantages / inconvénients,  
Faire un choix.





# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

Définition : [Wikipédia](#)



# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

Modes utilisés en amateur :





# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

Modes utilisés en amateur :



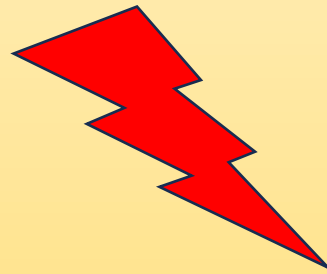
# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

Modes utilisés en amateur :



# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

Modes utilisés en amateur :





# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

FDMA, TDMA :

FDMA : Frequency Division Multiple Access

- Chaque canal utilise une bande de fréquence différente

TDMA : Time Division Multiple Access

- Affectation à une bande de fréquence pour de multiples canaux par découpage multiplexage temporel.
- Chaque canal utilise un Time Slot
- Avantage: Doublement de la capacité sur les canaux 12,5kHz



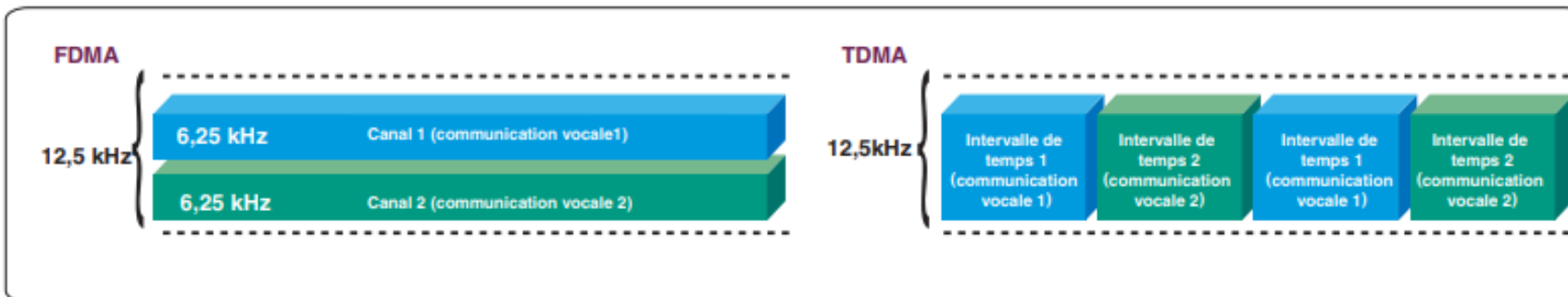
# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

FDMA, TDMA :

## La Technologie :

Sans être trop technique, la différence fondamentale entre les systèmes FDMA (accès multiple par répartition de fréquence) et TDMA (accès multiple à répartition dans le temps) est la définition d'un canal et la manière de l'utiliser (d'y accéder). En FDMA une bande passante spécifique (par exemple, 6,25 kHz) à une fréquence spécifique (par exemple, 150,000 MHz) est utilisée pour définir un canal. C'est le mode d'allocation de canaux qui a été utilisé pendant des décennies.

En TDMA, le même principe s'applique en ce qui concerne la bande passante et la fréquence, mais le signal est divisé en intervalles de temps pour disposer d'une capacité "supplémentaire" dans la même bande passante, ce qui revient, par exemple, à disposer de "l'équivalent" de deux canaux 6,25 kHz dans un canal 12,5 kHz. Voir le diagramme ci-dessous pour une explication graphique.



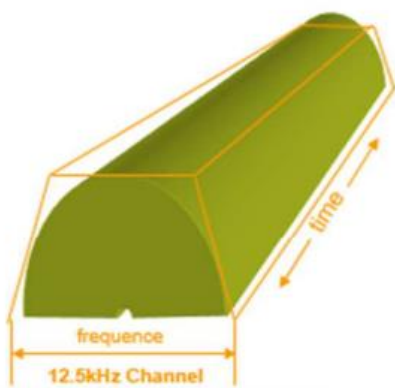
Jusqu'à présent le système TDMA était plus efficace avec un espacement plus large entre voies tel que 25 kHz, puisque deux ou trois utilisateurs pouvaient accéder à la même bande passante que l'utilisateur unique d'un canal FDMA. Cependant, dans le cas de la technologie récemment développée de bande FDMA étroite 6,25 kHz, cette dernière et la technologie TDMA 12,5 kHz à 2 slots obtiennent le même résultat en ce qui concerne l'indice d'occupation spectrale.



# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

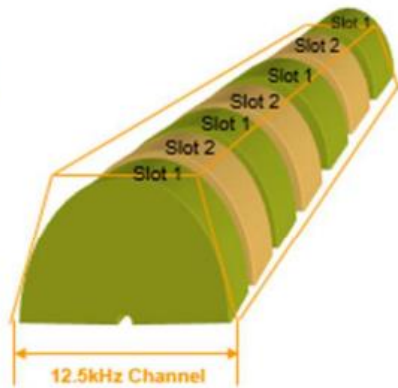
FDMA, TDMA :

Le choix pour la meilleure technologie ...



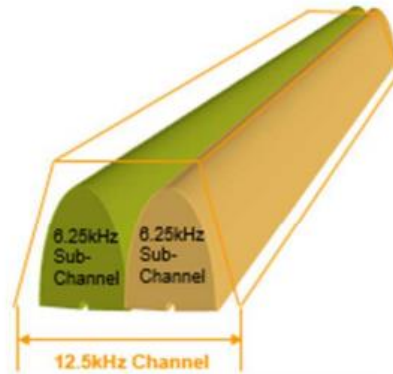
## 12.5kHz FDMA

- Idem à l'analogique
- 1 voix par canal 12.5kHz
- 1 voix relais pour chaque canal



## 12.5kHz TDMA

- Divise le canal existant en 2 slots
- Double la capacité des relais
- Performance identique, voire supérieure au FDMA 12.5kHz
- Réduit les coûts



## 6.25kHz FDMA

- Performance dégradée
  - Réduction de la bande
  - + d'interférences
- Besoin d'une voix relais pour chaque sous-fréquence

FDMA : Frequency Division Multiple Access

TDMA : Time Division Multiple Access

## dPMR Sans licence

- Complètement différente de la norme DMR (aucune compatibilité)
- Sans licence, utilise un protocole FDMA, Espacement 6.25 KHz,
- Bande de fréquences 446.1 – 446.2 MHz
- Puissance 500 mw PAR





# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

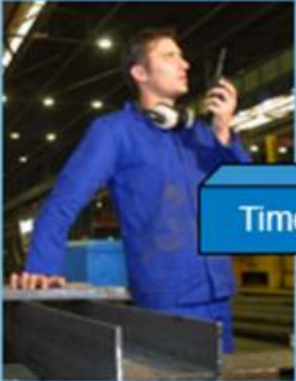
FDMA, TDMA :

## Le choix du protocole

Time Division Multiple Access (TDMA)



Choix de l'ETSI



Frequency Division Multiple Access (FDMA)



# Qu'est-ce que le numérique en radio ?

FDMA, TDMA :

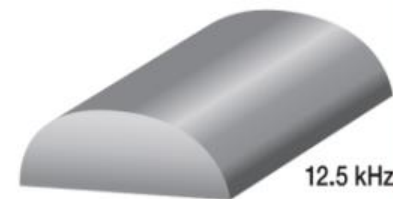
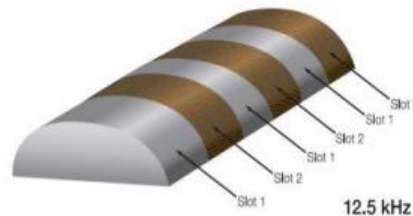


D-star

DMR

C4FM

|                          |              |                                 |             |
|--------------------------|--------------|---------------------------------|-------------|
| Modulation               | FDMA, GMSK   | TDMA, 4FSK                      | FDMA, 4FSK  |
| Vocoder                  | AMBE+        | DVSI AMBE+2                     | DVSI AMBE+2 |
| Vitesse de transmissions | 4.8 kbps     | 4.8 kbps x 2                    | 9600 kbps   |
| Bande passante           | 6.25 kHz     | 12.5 kHz                        | 12.5 kHz    |
| Standard                 | JARL         | ETSI                            | Yaesu       |
| Constructeurs            | Icom Kenwood | Motorola, Vertex, Tait, HYT,... |             |



# Digital Mobile Radio (DMR) ?

## Historique :

- Un standard ETSI ([European Telecommunications Standards Institute](#)), ratifié en 2005, standard du PMR (professional mobile radio). Motorola a conçu sa gamme de radio Mototrbo fonction de la norme DMR.
- Canaux de 12.5kHz
- Deux slots TDMA (Time Division Multiple Access)
- Modulation 4 niveaux FSK
- Correction d'erreur directe (FEC) performant
- Les spécifications commerciales ETSI / TIA permettent des performances robustes et un excellent service dans les environnements urbains encombrés RF
- L'interopérabilité des équipements est certifiée par l'[association DMR](#)





# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Versions :



- DMR Tier 1

- Le niveau 1 est une spécification de canal unique à l'origine pour le service européen dPMR446 sans licence. C'est une bande passante FDMA 6.25KHz à une seule chaîne. L'utilisation de la norme de niveau 1 a été étendue à des radios pour une utilisation autre que le service dPMR446 sans licence → DMR446 : [Hytera BD305LF](#).

- DMR Tier 2

- Le niveau 2 a deux slots TDMA point-à-point et relayé, ce qui donne une occupation spectrale de 6,25 kHz par canal. Chaque intervalle de temps peut être soit voix et / ou données, selon les besoins du système. La plupart des implémentations de radio amateur de DMR utilisent la voix sur les deux Time Slot. Mode principalement utilisé.

- DMR Tier 3

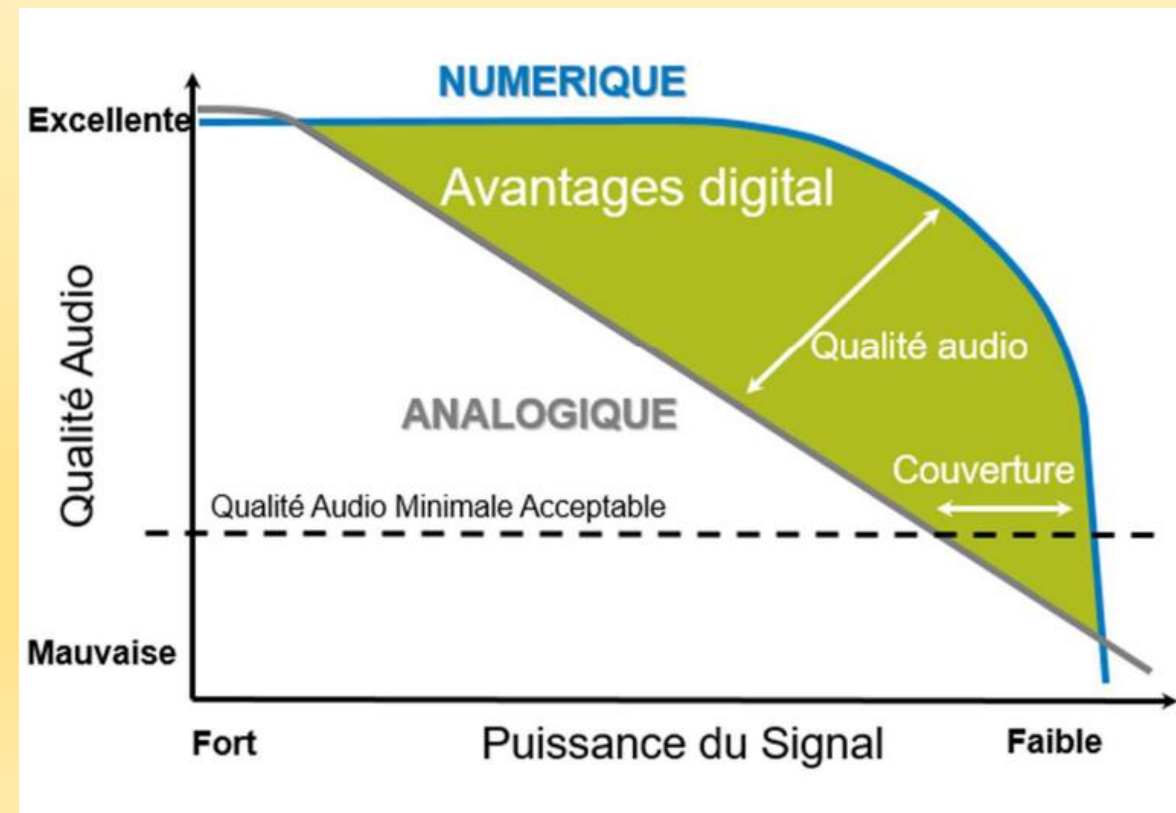
- Le niveau 3 s'appuie sur le niveau 2, en ajoutant une opération de canalisation (trunking) impliquant plusieurs relais sur un seul site. Tous les fabricants ne sont pas compatibles avec le niveau 3. Les protocoles spécifiques à certains fournisseurs ont élargi la fonction de trunking en multisites.

# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Qualité :

- Meilleure dynamique de réception,
- Correction d'erreurs supérieure à celle des modes numériques plus anciens
- Modulation:
- P25, DMR (4FSK) Quadrature Frequency Shift Keying

Modulation DMR



# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Equipements :





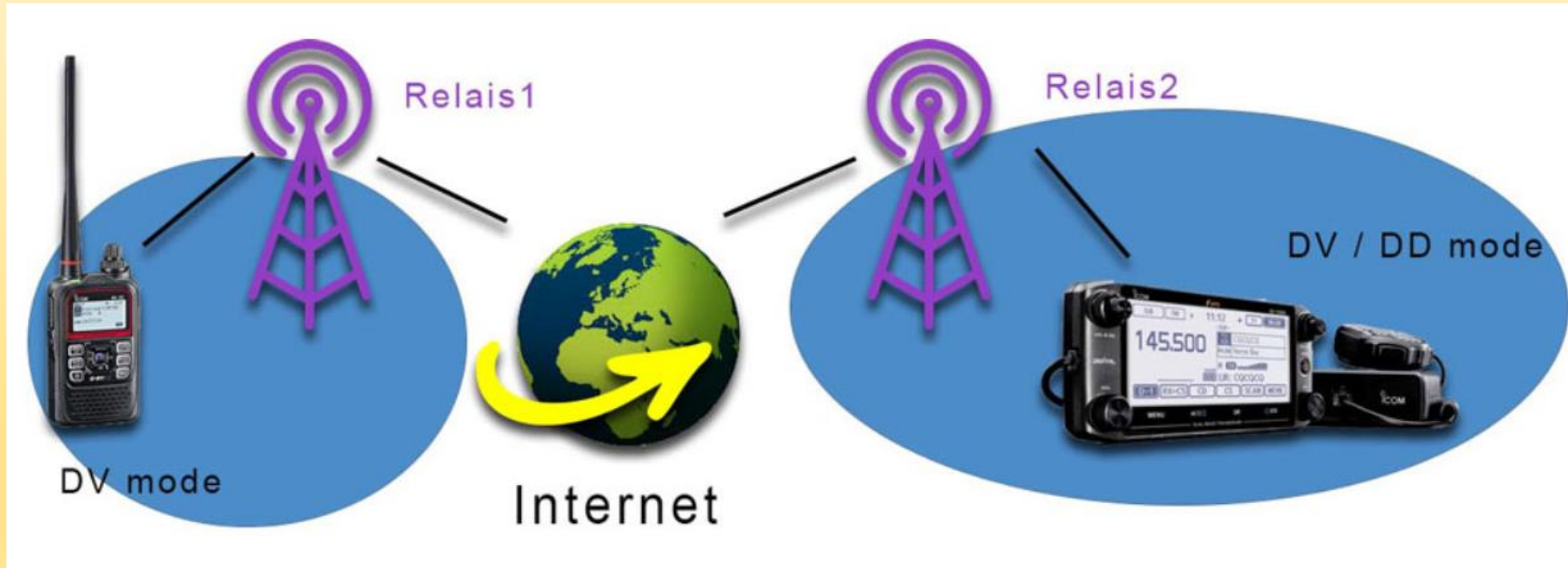
# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Equipements :



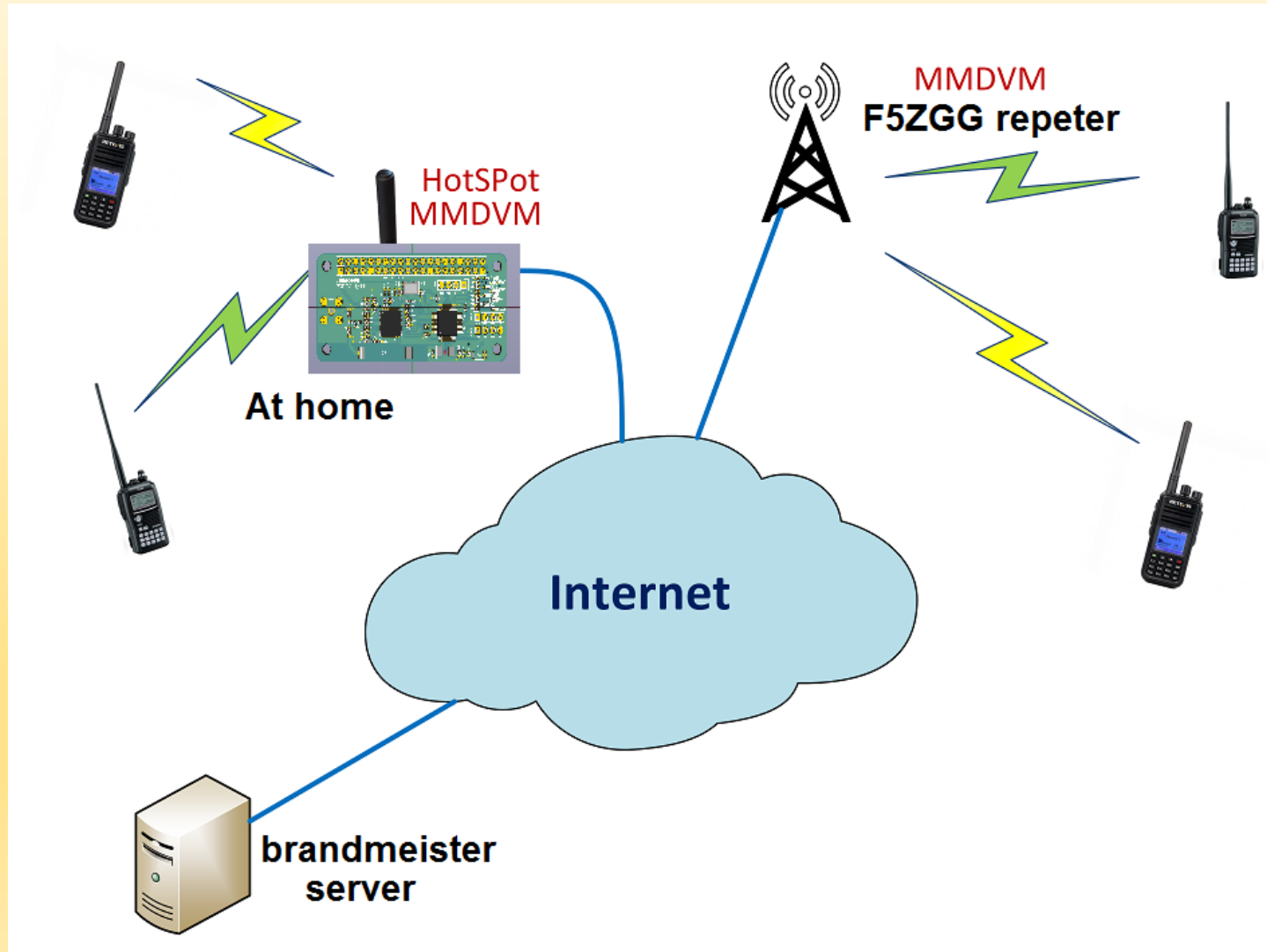
# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Interconnexion :



# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Interconnexion :





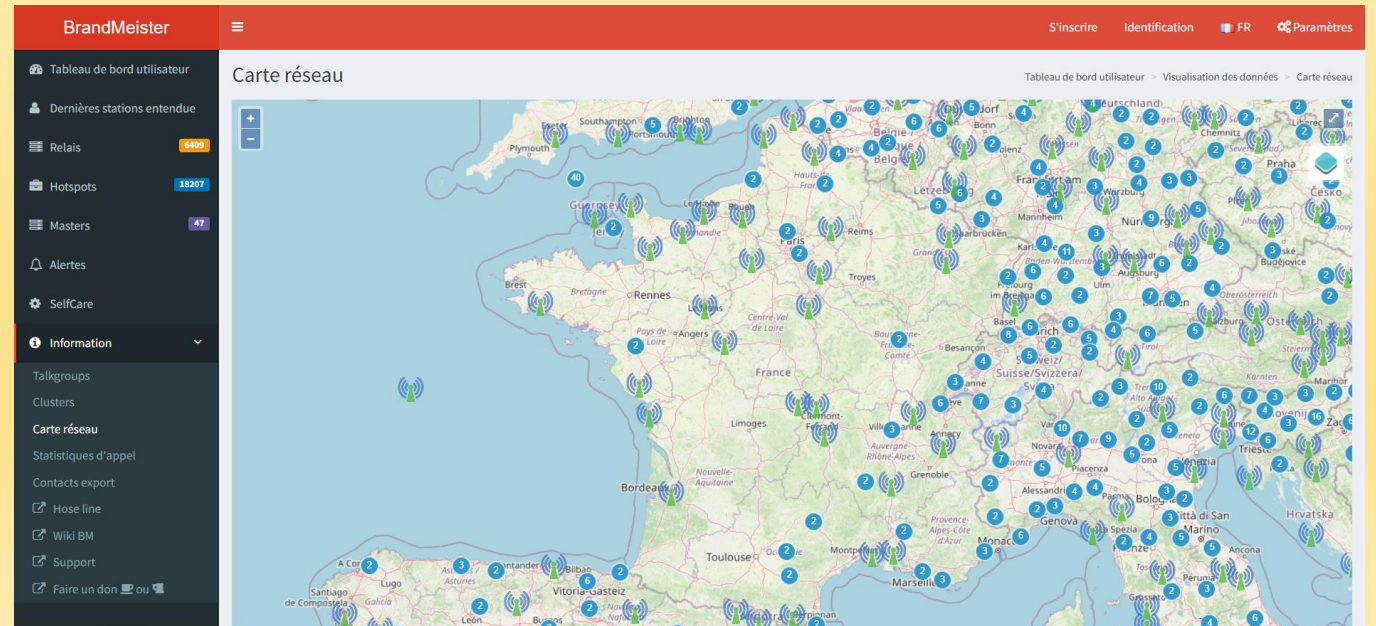
# Digital Mobile Radio (DMR) ?

Interconnexion :

**BrandMeister**  
**DMR Master Server**



Carte des relais



# Continuous 4-Level Frequency Modulation (C4FM) ?

Historique :

- Système C4FM développé en 2013 par Yaesu, unique constructeur à ce jour
- Canaux de 12.5kHz
- Modulation :
  - V/D Mode - communication simultanée voix / données.
  - Voice FR Mode (Mode Full Voice Rate) - mode vocal en plein débit.
  - Data FR Mode - transmission de données à haute vitesse.



[Modulation C4FM](#)

- Sélection automatique du mode "AMS" (Automatic Mode Select)
- Data → informations GPS, messages textes, transmissions d'images...



# Continuous 4-Level Frequency Modulation (C4FM) ?

Fonctionnement :

Les quatre modes de fonctionnement du System Fusion :

- V/D (Digital Narrow) : mode voix + numérique ou « V/D » mode avec données.
- Voice FR (VW) (Voice FR Mode) : utilise toute la bande passante disponible pour un fonctionnement vocal haute fidélité, offrant les communications vocales les plus claires.
- Transfert de données à grande vitesse (Data FR Mode) :  
telles que des images ou des messages texte à plein débit avec des vitesses allant jusqu'à 9 600 bits par seconde.
- Mode FM analogique :  
maintient la compatibilité ascendante avec les équipements FM analogiques existants, permettant à un large éventail d'utilisateurs d'expérimenter avec System Fusion Digital.

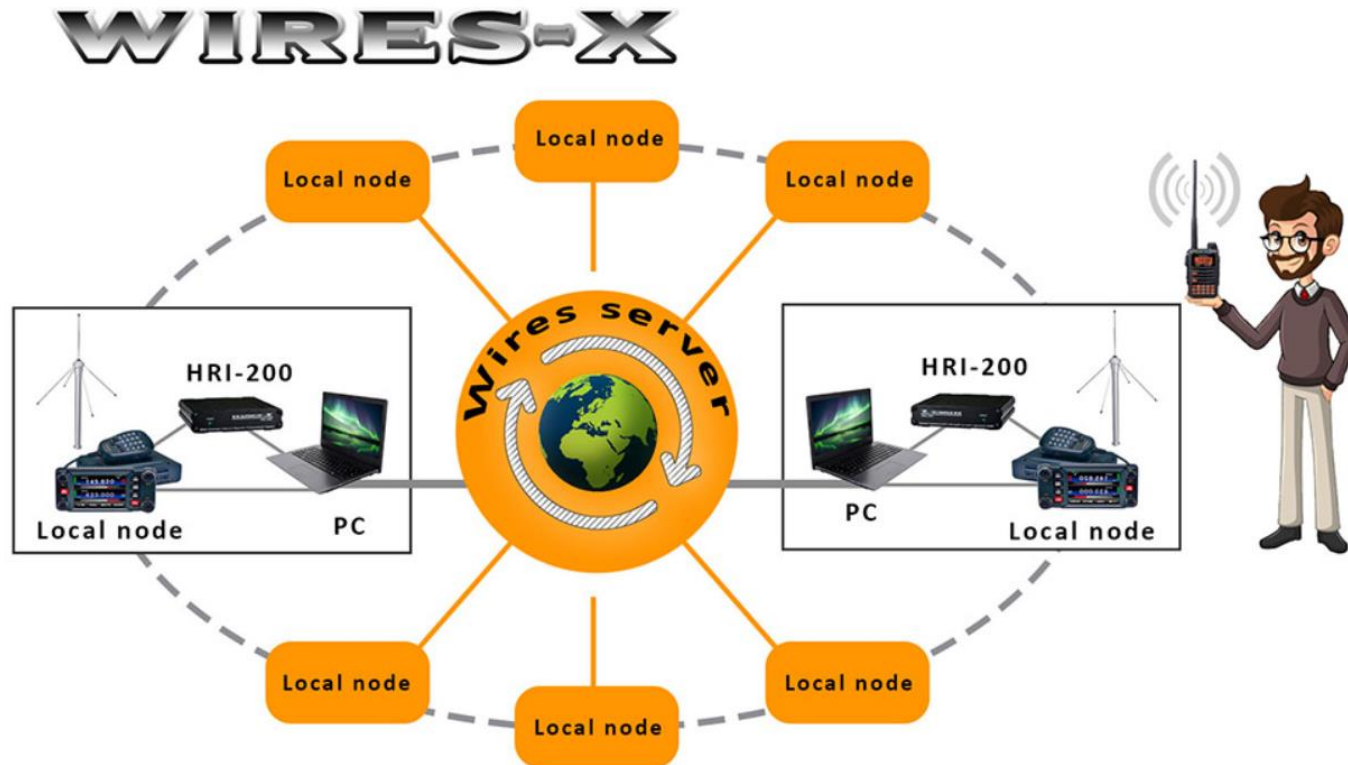


[Carte des relais](#)



# Continuous 4-Level Frequency Modulation (C4FM) ?

Possibilités :



Le serveur WIRES-X fonctionne comme un serveur DNS, donc les stations se parlent en IP ce qui est efficace et stable.

Ce système de communication Internet élargit la portée des communications radioamateurs. Pour le WIRES-X, une station correspond alors à un nœud qui est connecté à internet et est utilisé comme point d'accès. Les utilisateurs peuvent communiquer avec d'autres stations d'amateurs partout dans le monde en utilisant un nœud différent dans la gamme des ondes radio permises. Cette opération est simple, facile et conviviale.

# Continuous 4-Level Frequency Modulation (C4FM) ?

Equipements :



FT3-DE



FT-70DE



FTM-300DE



# Digital Smart Technologies for Amateur Radio (D-STAR) ?

## Historique :

1999 : Projet Initié par la JARL

ICOM Inc. a été choisi pour étudier le système

- 2002 : ICOM propose l'[ID-1](#) et l'ID-RP1
- 2005 : ICOM propose les liens 10GHz
- 2007 : ICOM propose l'[IC-2820](#) et l'ID-RP2C/D/V
- 2008 : En France, les associations demandent l'autorisation des modulations numériques dont le F7W ≈ Autorisation refusée

- D-STAR véhicule voix (DV) et données (DD)
  - La voix est compressée par un codec AMBE II+ de DVSI :
  - Il est déjà approuvé par l'[ITU-R](#) pour Inmarsat, Iridium
  - Et utilisé pour l'APCO 25, la DMR, le NXDN et la dPMR...
- Les données peuvent être transmises avec la voix :
  - 2400 bits par seconde pour la voix.
  - 1200 bits pour la correction d'erreur
  - 1200 bits libres pour la signalisation et les données



## Modulation D-STAR



# Digital Smart Technologies for Amateur Radio (D-STAR) ?

## Principe :

- Communications simplex (Peer-to-peer)
- Communications via relais transparents
- Communications via relais numériques
- Communication via relais linkés en IP
- Possibilité de links multiples avec les réflecteurs
- Disponible en VHF, UHF 430 Mhz et 1200 Mhz
- Communications « connectées »



- Transmission de la voix et des données
- Transmission de positions GPS selon D-PRS
- Transmission de mini messages
- Transmission de messages au format APRS : Le DPRS

[Carte des relais](#)



# Digital Smart Technologies for Amateur Radio (D-STAR) ?

Equipements :



ID-31



ID-52

TH-D74E



ID-50



DIGITAL

# Conclusion :

Avantages / inconvénients :

## AVANTAGES/INCONVÉNIENTS DE LA RADIO NUMÉRIQUE

|                                                                                                          |   |   |                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------------------------------------------------------|
| Haute qualité de la voix, meilleur filtrage du bruit de fond                                             | ⊕ | ⊖ | Technologie complexe nécessitant une maintenance importante   |
| Possibilité de transmettre des données (GPS, textes, ...) sans déranger les abonnés ou les utilisateurs. | ⊕ | ⊖ | Dépendance à l'égard de l'infrastructure du réseau            |
| Connexion plus souple des participants                                                                   | ⊕ | ⊖ | Nouvelle entrée / utilisation des appareils parfois difficile |
| La connexion à Internet / Hamnet permet de couvrir de grandes distances.                                 | ⊕ |   |                                                               |
| Sécurité contre l'écoute clandestine                                                                     | ⊕ |   |                                                               |
| Paramétrabilité" des appareils                                                                           | ⊕ |   |                                                               |



[Wimo](https://www.wimo.fr/)

# Conclusion :

Faire un choix :

**Quel système choisir pour se lancer en numérique ?**

Pour choisir entre ces modes, qui ont chacun leurs qualités mais aussi leurs défauts :

- Essayez de comparer les technologies en fonction des vos goûts et du coût que cela va engendrer.
- Renseignez-vous auprès du club de votre région sur les projets numériques qui existent déjà ou que le club compte mettre en place.
- Cherchez dans votre région, les relais les plus couramment utilisés. Essayez d'écouter ce qui s'y dit.

Attention, ces modes évoluent très vite. Le DMR est apparemment le mode qui se développe le plus rapidement, peut-être à cause de son faible coût. L'interconnexion et les passerelles multimodes sont de plus en plus un enjeu et un terrain d'expérimentation. Cela permet d'occuper les bandes de fréquence « hautes ». Le dernier enjeu et qui n'est pas des moindres, c'est que c'est le moyen d'attirer de nouveaux OM's férus d'informatique.





# Conclusion :

Faire un choix :

