

# L'émission en FM et son application à Radio Vassivière



Enseignement  
Formation  
Recherche



I) Introduction	3
II) Radio Vassivière : deux émetteurs, deux techniques	4
L'émetteur d'USSEL	4
L'émetteur de Royère de Vassivière	5
III) Un peu de théorie	6
Le signal audio radiophonique	6
Les excursions	7
Le RDS	7
Le multiplexage	8
Le traitement du son	9
IV) Le traitement du son via une interface Sound4	11
Premières constatations	11
Les différents traitements	12-13
Et mes réglages . . .	13
V) Conclusion	14

Lorsque j'ai commencé la formation de Technicien d'exploitation du Son à Biarritz, je me destinais à travailler dans le monde de la musique actuelle, notamment des concerts. D'un naturel curieux, j'ai profité du plus long de nos stages pour découvrir un autre univers, une autre réalité.

Lors de mon deuxième stage, j'ai choisi de partir à la découverte de la radio. J'avais, par le passé, connu un peu cet univers mais de « l'autre côté », du côté du journalisme et de l'animation. Cette première expérience avait été frustrante vis à vis de la technique et du son. Je me suis dirigé vers la radio avec un petit esprit de revanche.

J'ai donc effectué mon stage à Radio Vassivière, la radio locale et associative proche de chez moi, en Creuse. A cette radio, j'ai découvert une réalité du métier : l'association ayant peu de moyen, elle ne peut se permettre qu'un seul technicien salarié. Ce technicien est donc en charge de la totalité du processus de fabrication du son : gestion du matériel et des studios, studio mobile et duplex, entretien et maintenance du parc d'unités de reportages . . . et il a également en charge les deux émetteurs de la radio. Ici, rien n'est sous traité. La tâche la plus complexe est donc celle de faire tourner les deux émetteurs sans discontinuité toute l'année. Même si le technicien est épaulé par d'autres salariés ou bénévoles, il ne peut faire face à la totalité des charges qui lui incombent.

Dans les premiers jours de mon stage, nous sommes allés à un des émetteurs afin d'y remplacer l'amplificateur FM et réaliser le suivi de l'émission. Nous y avons passé plus d'une demie journée afin de régler au mieux le traitement avant émission sans pour autant comprendre la totalité des tâches et traitements que l'on réalisait. C'est donc toujours avec cet esprit de curiosité que je me suis dirigé vers un rapport technique visant à comprendre ce qu'il se passe dans cette petite cabane mal aérée en-dessous d'une antenne de 25 mètres perchée sur un château d'eau.

Le plan suit donc le fil de ma réflexion. Je pars de la découverte des émetteurs de la radio aux premiers jours de mon stage pour ensuite entreprendre l'acquisition d'un savoir théorique. Avant de retourner tout naturellement vers le cas concret et les réglages d'un des émetteurs de la radio.

C'est un rapport technique, tant dans la forme que dans le fond. Il est l'historique d'une réflexion technique et un rapport sur un aspect du travail de technicien d'exploitation du son.

## I) Les deux émetteurs de Radio Vassivière, deux techniques différentes

La radio associative Radio Vassivière, possède deux émetteurs FM. Un premier sur les hauts de Royère de Vassivière à 4kms des studios au centre de ce village. Et un second dans la ville d'Ussel, à 50kms de là . 88.6khz à Royère de Vassivière et 92.3khz à Ussel.

### 1) L'émetteur d'Ussel

L'émetteur d'Ussel se trouve sur l'antenne des pompiers au-dessus d'un château d'eau. La radio a accès à une petite cabane au pied de ce dernier.

Dans cette cabane, il y a : une box internet, un hardware de traitement + RDS, et un amplificateur d'antenne 1000W.

Le flux audio est reçu sur le protocole audio sur IP LiveWire (protocole audio sur IP, faible latence, broadcast, AES67). Le flux audio est converti grâce à deux boîtiers : Baryx Instreamer et Exstreamer . Le son est ensuite traité et multiplexé sur un traitement Axel Falcon VS qui fournit un signal analogique multiplexé en BNC à l'amplificateur. Ensuite 25 mètres de câble coaxiale vont à l'antenne ou deux émetteurs de 500w distribuent la radio dans la zone.

Cet émetteur a un gros désavantage, il prend régulièrement la foudre. Les amplificateurs sont régulièrement changés. Peu avant mon stage, la foudre s'est abattue encore une fois sur cet endroit. Nous n'avons plus accès aux réglages du Falcon VS, il fonctionne parfaitement, mais impossible d'interagir avec l'interface de réglage que ce soit en USB ou en RJ45.

L'autre défaut de cette disposition est que le flux audio est soumis à une ligne ADSL Orange. Hormis le fait que l'antenne se trouve en bout de ligne et qu'elle ne permet pas d'avoir la meilleure qualité de son (MP3 256 kbps), le flux est soumis aux aléas d'Orange qui a régulièrement des pertes de service.

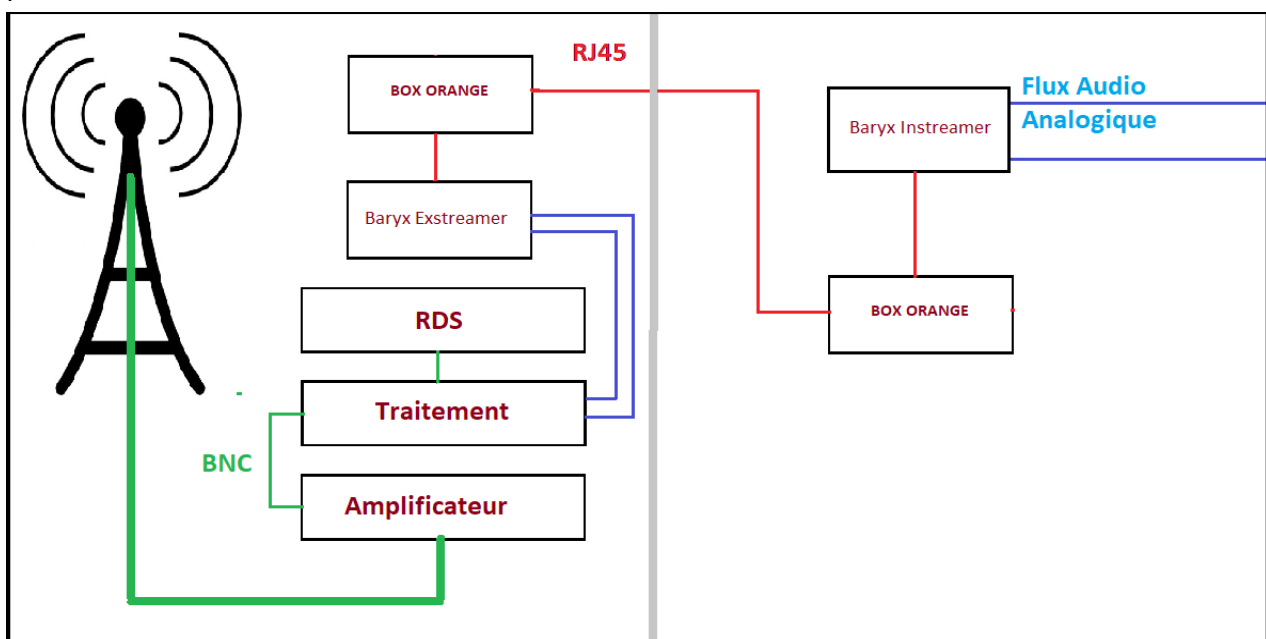


Figure 1: La chaîne d'émission à Ussel

## 2) L'émetteur de Royère de Vassivière.

L'émetteur de Royère de Vassivière se trouve sur une antenne appartenant au réseau de téléphonie ORANGE.

Sur cette antenne, l'organisation du flux audio est différente qu'à USSEL. Le flux audio analogique est numérisé grâce à une interface audio numérique ESI. Il est alors transmis en protocole sur IP Livewire grâce à une antenne Wimax disposée sur les locaux de la radio. Une autre antenne disposée en haut du pylône de diffusion reçoit le flux numérique à 4kms de là où il est traité par une interface de la marque Sound4, qui traite, multiplexe et encode le RDS.

Cette disposition a l'avantage de présenter moins de latence qu'à Ussel. L'ensemble de la chaîne d'émission appartient à l'association. Ils ne sont pas soumis à un flux ADSL. La puissance et la constance du flux numérique en wimax permettent un transfert en format PCM 16bit 44,1HZ

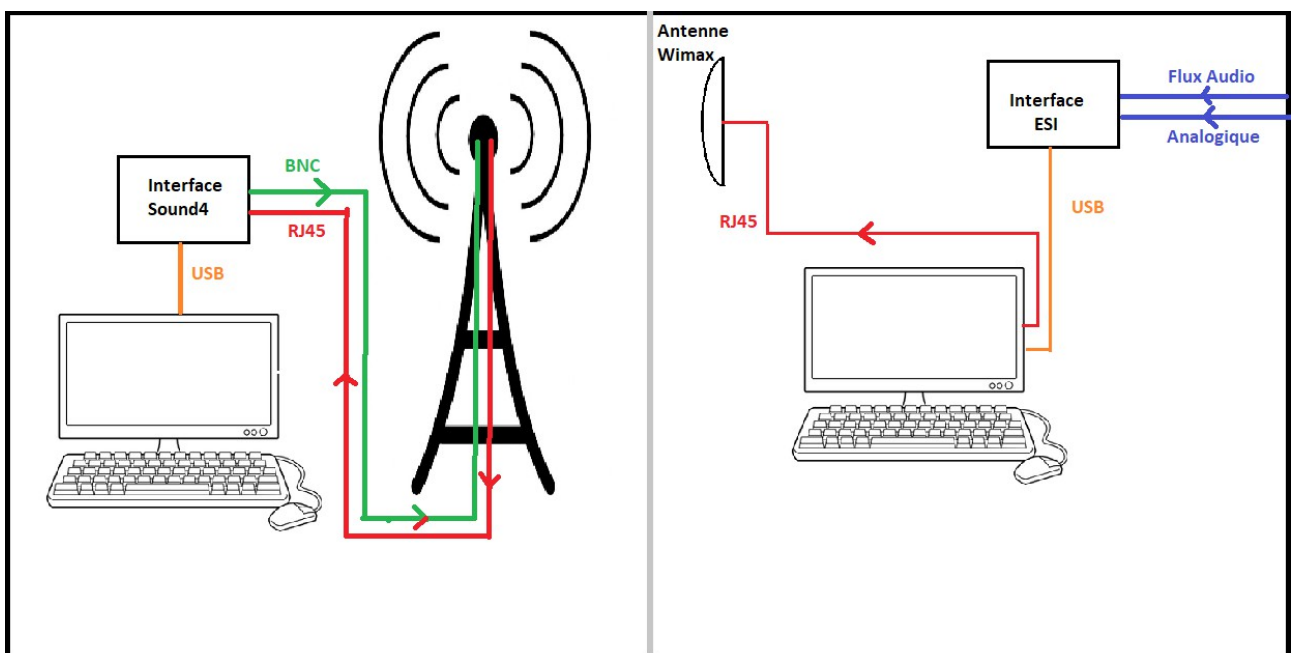


Figure 2: La chaîne d'émission à Royère de Vassivière

## II) Un peu de théorie

### 1) Le signal audio radiophonique

La porteuse : avant même de commencer, il me paraît intéressant de rappeler ce qu'est la fréquence porteuse. C'est un signal radiofréquence (RF) qui est modulé par un signal audio (AF) afin de transmettre un programme radiophonique. La porteuse est la fréquence que l'on règle sur son poste de radio.

Il existe deux techniques afin d'émettre une radio grâce à la modulation d'une onde porteuse :

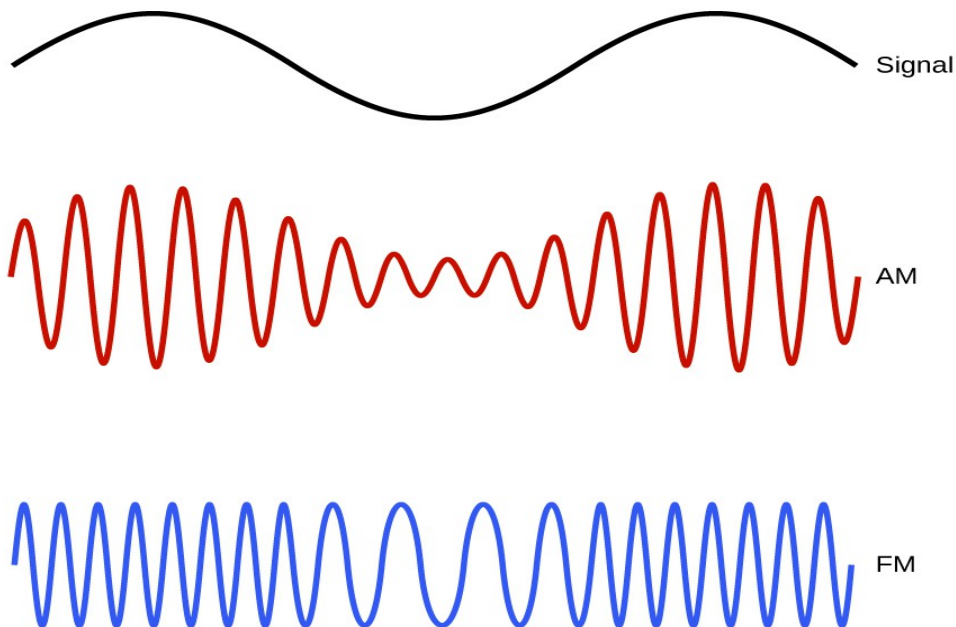


Figure 3: Les différents types de modulation à l'émission

#### L'émission par modulation d'amplitude (AM) :

C'est ce que les particuliers appellent les grandes ondes, car c'est là leur avantage : on peut émettre à plusieurs milliers de kilomètres.

L'onde porteuse (RF) est alors modulée par le signal (AF) proportionnellement au niveau de ce dernier. La fréquence de l'onde porteuse ne varie pas, la transmission d'informations ne se fait qu'à partir de la modulation d'Amplitude.

Cette technique présente plusieurs désavantages, notamment une faible bande passante (100hz-4500hz) et une forte présence de parasites. Les normes n'ayant pas évolué depuis les années 30, ce système est peu à peu abandonné.

## *L'émission par modulation de fréquence (FM)*

C'est le système le plus utilisé à travers le monde. Ce sont les ondes courtes.

L'onde porteuse est alors modulée en fréquence par le signal AF symétriquement de part et d'autre de sa valeur nominale. L'amplitude de la porteuse est fixe.

Les avantages de cette technique est une plus grande bande passante (40/15000hz), une grande dynamique (45db) et elle présente peu de perturbations dues aux parasites. Le désavantage est une courte portée, de l'ordre de 100kms en condition optimale.

### *2) Les excursions*

En France, les ondes des radios FM sont émises entre 88mhz et 108mhz. C'est le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) qui décide des fréquences porteuses des différentes radios. C'est également le CSA qui contrôle les émissions et impose ses règles. La principale est celle de l'excursion. Une radio ne doit pas émettre son signal RF au delà d'une limite de +/- 75Khz de l'onde porteuse. Si une radio a pour fréquence d'émission 100mhz, elle a donc une plage disponible de 99,925mhz à 100,075mhz

Cette règle est imposée pour éviter que plusieurs radios se « chevauchent » et que leur signal soit détérioré.

Lors d'une émission FM, plus l'excursion est grande, plus l'amplitude sonore et la portée de l'émetteur sont grandes. Il est alors nécessaire d'être toujours à la limite de cette règle afin d'émettre de manière optimale. Le CSA contrôle régulièrement et peut même sanctionner les radios récalcitrantes.

### *3) Le RDS(Radio Date System)*

A l'origine, le RDS était une solution pour la réception radiophonique en voiture. A l'époque des grandes ondes, il n'y avait aucun problème, les ondes portaient assez loin pour que le conducteur n'ait pas à changer de station lors des longs trajets. Même si quelques problèmes pouvaient survenir lors de la circulation urbaine, dus aux multiples constructions empêchant une bonne réception, le principe des grandes ondes convenait parfaitement à l'automobile.

Avec la généralisation de la FM et l'ouverture aux radios privées, s'est posé un problème majeur : comment suivre les programmes d'une radio tout au long d'un long trajet alors que cette radio ne diffuse pas à la même fréquence tout au long du trajet ?

En 1976, l'UER (l'Union Européenne de Radio-Télévision) lance le projet d'un système pouvant régler ce problème, en 1984 est présenté le RDS, toujours en vigueur actuellement.

Le principe est simple, l'émetteur radio transmet un signal numérique en plus du programme. Le poste de radio le déchiffre. Cela permet, en plus du suivi d'une station, d'avoir le nom de la radio, le titre de la chanson . . . On place ce signal numérique lors du multiplexage qui permet déjà de passer un signal analogique stéréo.

#### 4) Le Multiplexage

Voilà, pour moi, la partie théorique la plus complexe.

Le multiplexage est une solution pour faire passer plusieurs canaux d'informations sur un seul canal de diffusion (radio, optique, électrique...). Ainsi, nous sommes techniquement capable de faire passer un programme Mono + un programme Stéréo + le RDS à travers un câble BNC ou une antenne émettant sur une fréquence fixe.

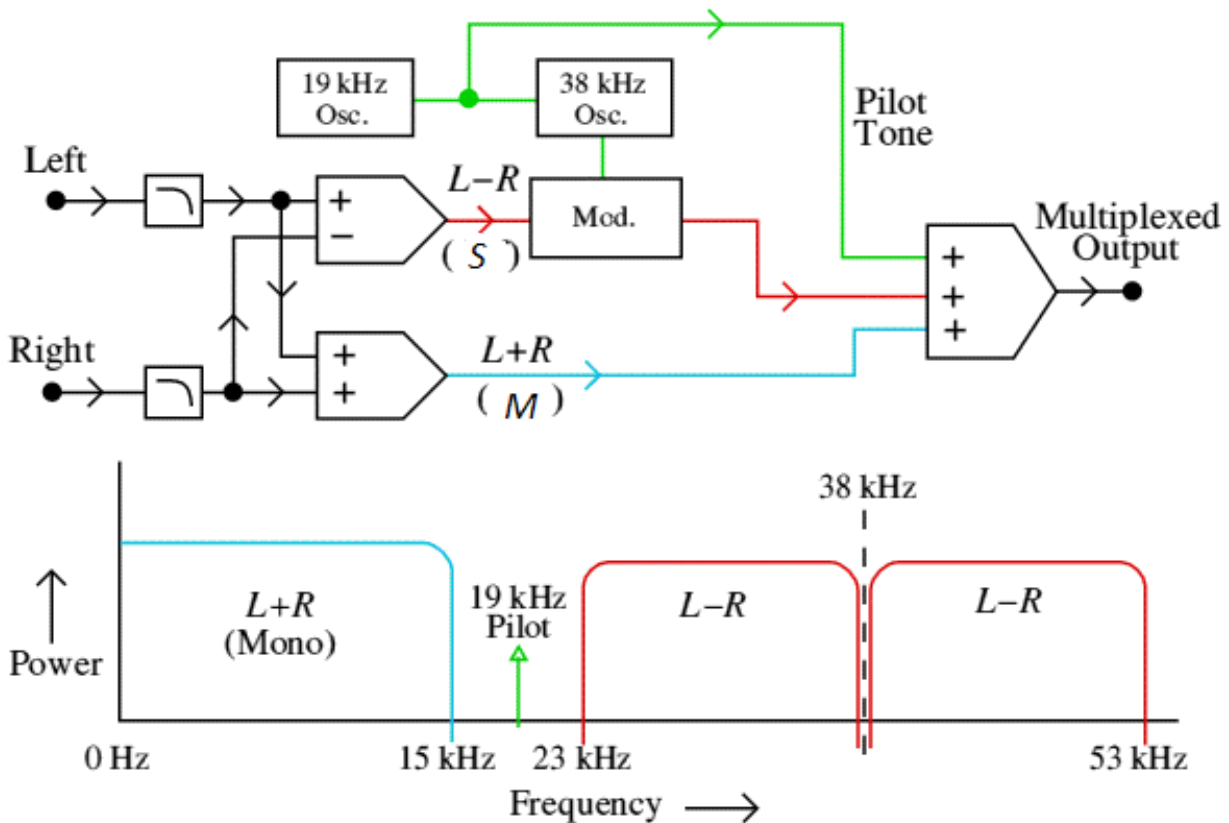


Figure 4: Multiplexage radiophonique

#### Composition du multiplexage :

- Un signal analogique M qui est une sommation mono du signal stéréo(G+D).
- Un signal analogique S qui est l'information stéréo de ce message. Il est la différence entre les deux voies stéréo (G-D), autour d'une sous porteuse à 38kHz (qui est



- supprimée par la suite)
- Un signal numérique RDS à 57kHz.
  - Une fréquence pilote à 19kHz, qui servira lors de la réception à reconstituer la sous porteuse supprimée à 38kHz. La présence de la fréquence pilote à 19kHz déclenche le voyant stéréo sur le récepteur radio.

### *Décodage du signal multiplex par le récepteur :*

En diffusion radiophonique le décodage de la modulation de fréquences est appelé discrimination. Le récepteur stéréo décode le signal par un matriçage (à l'instar de la prise de son MS)

$$\text{Signal M} = (G + D)$$

$$\text{Signal S} = (G - D)$$

$$\text{Voie Stéréophonique Gauche} = M + S = (G + D) + (G - D) = 2 G$$

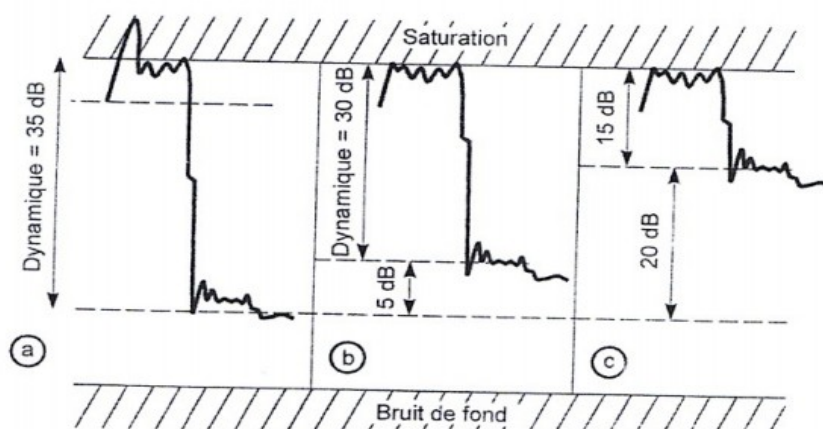
$$\text{Voie Stéréophonique Droite} = M - S = (G + D) - (G - D) = 2 D$$

### *5) Le traitement du signal avant émission FM*

Avec la prolifération des stations de radio FM à la suite de la fin du monopole public en 1981, chaque radio a cherché à être mieux perçue par les auditeurs qui « zappent ». Les stations ont voulu jouer sur la psycho-acoustique, qui nous apprend qu'un volume sonore plus fort nous paraît, à tort, de meilleure qualité. C'est également ce qui s'est passé dans le monde de la musique pop avec la Loudness War.

Le problème est que, plus vous émettez un volume fort, plus vous pratiquez des excursions au-delà des 75kHz. La bande FM a alors été totalement encombrée et le CSA fût obligé de pratiquer plus de contrôle.

La solution a été trouvée via la compression du son, soit une augmentation du volume sonore perçu au détriment de la dynamique. Et cette « guerre » est allée jusqu'à la presque disparition de la dynamique sur certaines radios « Talk » ne diffusant pas de musique.



*Figure 5: (a) le signal original (b) le signal limité avec un gain de 5db (c) le signal limité et compressé avec un gain de 20db*

Cette dérive des compresseurs a vite amené des effets secondaires : détérioration du son et de l'équilibre spectral, mauvaise restitution des voix, effet pompe sur les ambiances, remontée des bas niveaux (respiration et bruit buccal).

Les stations ont donc abandonné l'utilisation de compresseurs « classiques » et se sont dirigées vers des processeurs d'antenne. Un traitement intelligent. . .

Ces processeurs réalisent une compression progressive par bandes de fréquences (multiples seuils de compression). Ainsi la compression est davantage ciblée, et ses effets de détérioration sont adoucis. Pour les problèmes sur la restitution des bas niveaux, ces processeurs appliquent un expandeur, qui redonne artificiellement une dynamique et évite l'augmentation en gain des sons et bruits de bas niveau. Avec le temps ces processeurs sont devenus de véritables ordinateurs de diffusion, chaque constructeur se targuant d'avoir les meilleurs algorithmes. Ils sont arrivés à un tel rendu, que même les radios culturelles se refusant depuis longtemps d'en utiliser ont fini par en installer.

Cette complexité rend de plus en plus obscures les réglages des traitements sonores, jusqu'à forcer les petites radios ne disposant pas d'expert en la matière à une totale confiance dans les constructeurs.

Aucune norme de diffusion radiophonique n'existe en France. Donc malgré ces processeurs de diffusion, la qualité sonore de certaines radios généralistes ou destinées aux jeunes générations laisse vraiment à désirer. Mais cela permet aux radios d'imprimer et de choisir la « couleur » du son de diffusion. Prenons l'exemple de trois radios du service public : France Bleu, France Inter et France Culture. Leur son est directement reconnaissable sans même le RDS ou une annonce. En effet la compression appliquée est proportionnellement intense selon le nombre d'auditeurs visé. France Bleu étant la radio visant le plus grand nombre, la qualité sonore est moindre et le volume souvent proche de la saturation. A l'inverse France Culture dispose d'une grande dynamique afin de restituer au mieux les plages de musique classique et jazz.

### III) Le traitement du son grâce à Sound4

Dans cette ultime partie, je vais à la découverte des réglages de l'interface Sound4 qui traite le son de l'antenne de Royère de Vassivière.

Le traitement Falcon VS présent à Ussel n'étant plus accessible aux réglages.

Je tiens également à dire qu'il m'a été impossible de trouver le manuel d'utilisation de cette interface ou d'une autre équivalente chez le constructeur. Je me base donc sur les documents commerciaux, et les connaissances acquises lors de ma recherche théorique.

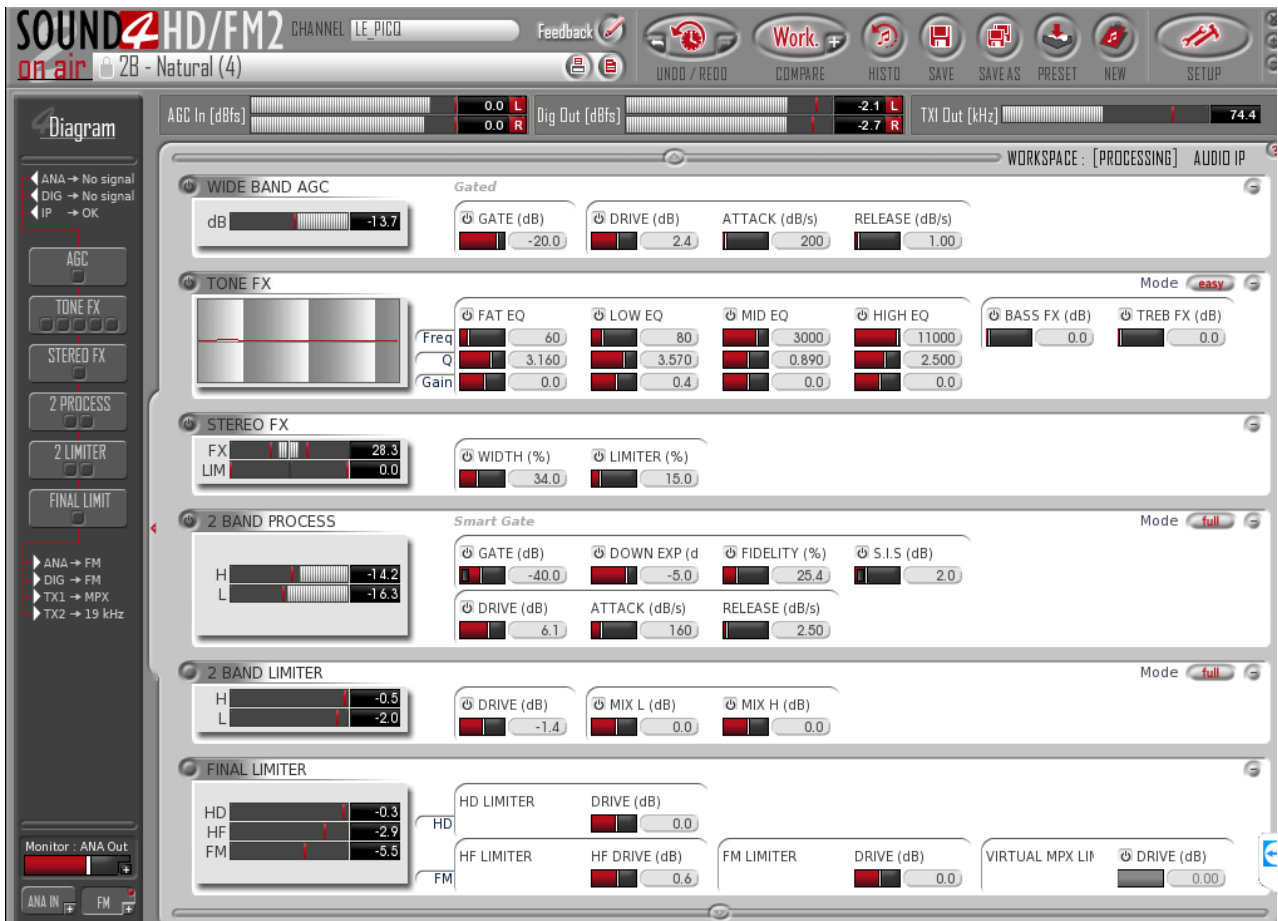


Figure 6: Interface de réglages Sound4Remote

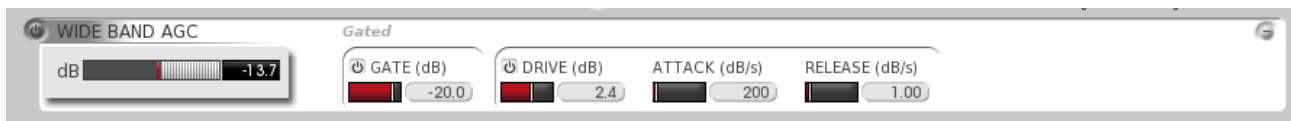
#### 1) Premières constatations

Radio Vassivière utilise un « preset » *Natural (4)*, il y a donc une volonté d'avoir une couleur de radio naturelle, plus proche de France Inter que des grandes radios commerciales comme NRJ. C'est aussi une manière de se démarquer de la « reine » des radios locales : France BLEU.

Sur le diagramme latéral, on peut apercevoir rapidement la chaîne de traitements. Dans les signaux d'entrée, on voit que l'on reçoit bien par voie IP. Et en sortie, la radio utilise la sortie TX1 qui fournit un signal MPX (multiplexé).

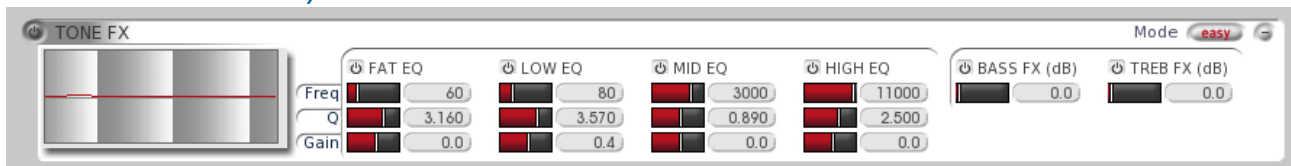
Il y a une possibilité de monitoring où l'on peut choisir d'écouter le signal entrant ou le signal sortant.

## 2) Wide Band AGC (Automatic Gain Control)



C'est un gain d'entrée automatisé. La notion de gated, n'a rien à voir avec un « noise gate » : c'est le seuil à partir duquel le gain sera augmenté, ceci dans le but d'éviter de remonter les sons les plus bas, comme les respirations, les bruits de feuilles, les bruits ambiants . . . Drive correspond au gain ajouté, l'attack et la release sont les critères d'automation afin de garder le naturel du son.

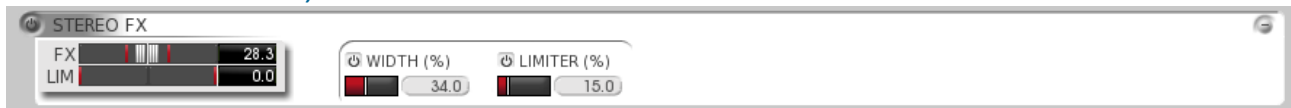
## 3) Tone FX



C'est tout simplement un égaliseur 4 bandes paramétriques. Là on peut voir que l'égaliseur est « flat », seul un gain de 0,4db est prévu à 80hz.

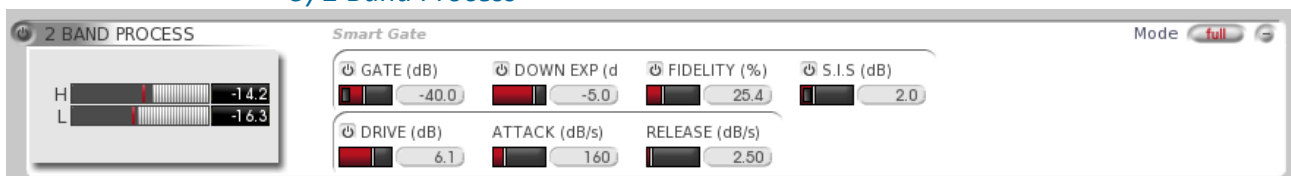
Il y a également BassFX et TrebleFX, qui servent à renforcer les graves ou les aigus. C'est un traitement dynamique selon la source sonore.

## 4) Stereo FX



C'est un effet qui vise à élargir l'image stéréophonique. Cet effet ne travaille que sur la sous porteuse de 38khz, et donc n'empêche en rien la compatibilité mono. Le limiteur est un limiteur stéréo qui vise à éviter le désagrément occasionné par l'élargissement artificiel de la largeur stéréo. Il renforce la sous porteuse à 38khz car l'élargissement a tendance à l'affaiblir et occasionne des problèmes de réception.

## 5) 2 Band Process



C'est l'étage du traitement dynamique. Et c'est là que le constructeur reste le plus flou et ne met en avant que son « algorithme exceptionnel » ... Après quelques visites chez d'autres constructeurs, c'est un classique.

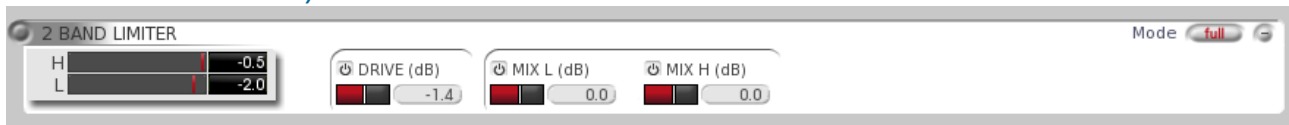
Il y a donc un noise gate à -40db. Étant donné que la fm est limitée aux alentours de 45db de dynamique, c'est plutôt logique.

Il y a un expandeur réglé à -5db, sans autre réglage.

L'onglet fidelity correspond à la « colorisation » du son, il est exprimé en pourcent.

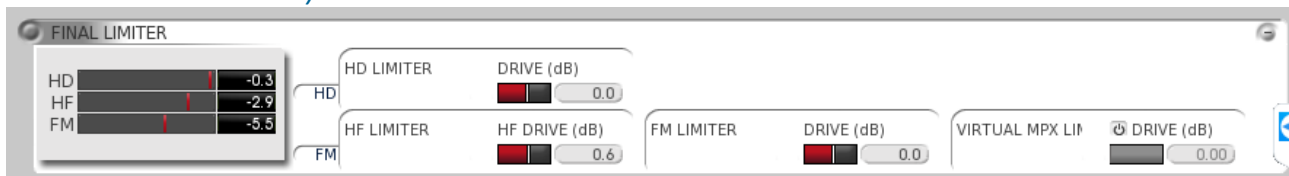
Le S.I.S (Sound Impac System) est un algorithme permettant de garder au mieux les attaques. On évite le désagrément des compresseurs traditionnels. Son réglage s'exprime en Db.

### 6) 2 Band Limiter



C'est un pré-limiteur avant le limiteur final. Il permet de limiter sur deux bandes fréquentielles, afin de différencier le travail sur les graves de celui sur les aigus.

### 7) Final limiter



C'est l'étage final de l'interface sound4. C'est un limiteur qui différencie deux finalités. Un limiteur FM pour la diffusion radio et un limiteur HD pour la diffusion numérique, internet ou Radio Numérique Terrestre, qui n'est pas limité à 15khz.

### 8) Et mes réglages . . .

Il m'est impossible de proposer des réglages optimaux pour ce genre de traitement.

Premièrement par manque d'expérience, en effet c'est la première fois que je découvre ce genre de matériel, et cela ne ressemble que très peu aux traitements que j'ai l'habitude de voir dans le monde de la sonorisation ou du studio d'enregistrement.

Deuxièmement car il est impossible de régler ce genre de matériel sans prendre du temps et en écoutant chaque réglage un par un selon le programme diffusé (musique, voix, fiction... ). Je pense qu'il est nécessaire d'être plusieurs et de «sacrifier » une demie journée de diffusion.

## En Conclusion

Si ce rapport technique et la démarche de recherche qui l'a accompagné ne m'ont pas permis de maîtriser totalement et de proposer un réglage « idéal » à ce genre de traitement, il m'a permis de bien comprendre les tenants de la diffusion FM.

Je finis ce rapport technique avec un bagage supplémentaire en ce qui concerne la radio. Les flous des premiers jours de stage sont en grande partie dissipés. Je pense vous proposer un document assez complet et dont je maîtrise le contenu dans son intégralité.

Sûrement certaines parties et informations du rapport vont vous paraître peu détaillées, je serai donc à votre disposition lors de l'oral de fin d'année afin d'éclaircir et d'expliquer au mieux mes propos et mes savoirs.

## Sources :

*Le livre des techniques du son tome 3 – L'exploitation*, Collectif d'auteurs sous la direction de Denis Mercier, édition Dunod.

Sites internet :

<https://www.ebu.ch/fr/home>

<https://libreantenne.radioactu.com/>

[http://www.sound4.biz/\\_fr/](http://www.sound4.biz/_fr/)

<http://www.isir.upmc.fr>

<https://www.forumatena.org/files/livresblancs/IntroductionALaradio.pdf>

Merci à Radio Vassivière pour leur accueil en stage et leur précieux temps.

Merci au GRETA, au Lycée René Cassin, à l'INA et à toute l'équipe pédagogique pour cette formation.

En espérant ne pas les décevoir . . .