

# SOMMAIRE

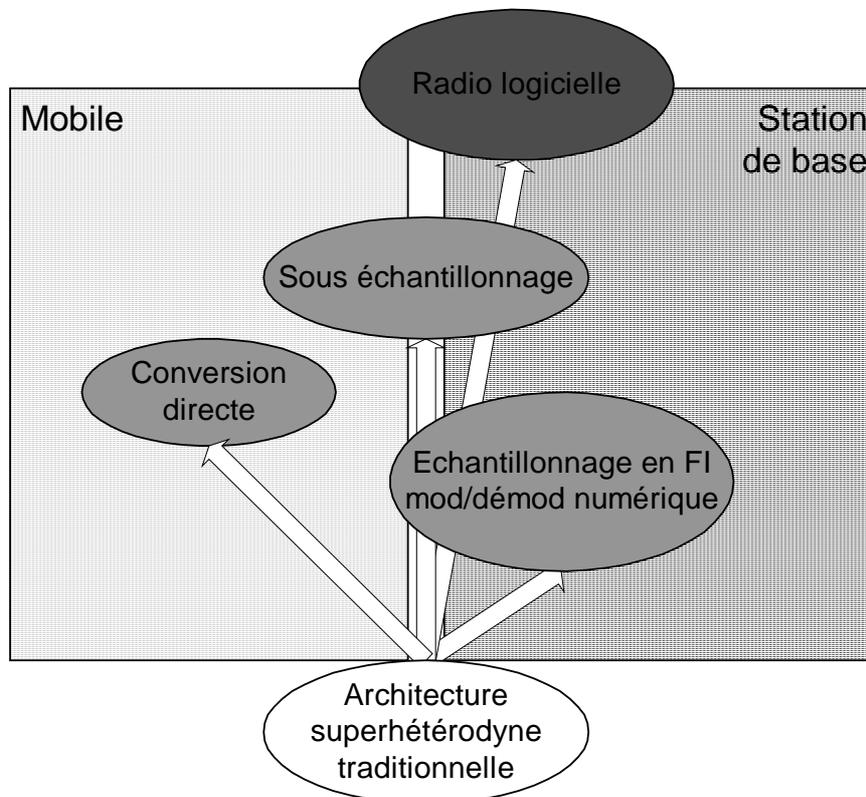
	<u>1</u>	<u>Architecture émission / réception</u> .....	
<u>1.1</u>	<u>Introduction</u> .....		2
<u>1.1.1</u>	<u>Le TU ou Terminal Reconfigurable</u> .....		2
<u>1.2</u>	<u>Architectures classiques</u> .....		5
<u>1.2.1</u>	<u>Monocanal</u> .....		5
<u>1.2.1.1</u>	<u>Réception superhétérodyne</u> .....		5
<u>1.2.2</u>	<u>Multicanal</u> .....		5
<u>1.3</u>	<u>Architecture radio logicielle idéale</u> .....		6
<u>1.3.1</u>	<u>Présentation de la radio logicielle (SWR)</u> .....		6
<u>1.4</u>	<u>Architectures radio logicielles restreintes</u> .....		7
<u>1.4.1</u>	<u>Monocanal (Terminal)</u> .....		7
<u>1.4.1.1</u>	<u>Conversion directe (démodulation analogique)</u> .....		7
<u>1.4.1.2</u>	<u>FI basse fréquence</u> .....		8
<u>1.4.1.3</u>	<u>Sous échantillonnage</u> .....		8
<u>1.4.1.3.1</u>	<u>FI quasi zéro ou FI à ½ largeur canal</u> .....		9
<u>1.4.1.3.2</u>	<u>FI zéro ou démodulation directe (I/Q)</u> .....		9
<u>1.4.2</u>	<u>Multicanal (Station de base)</u> .....		10
<u>1.4.3</u>	<u>Autres architectures</u> .....		10
<u>1.4.3.1</u>	<u>Deux étapes</u> .....		10
	<u>2</u>	<u>Bilan des architectures</u> .....	
<u>2.1</u>	<u>Architectures monocanal (émission-réception)</u> .....		11
<u>2.2</u>	<u>Architectures multicanal (émission-réception)</u> .....		12
	<u>3</u>	<u>Références</u> .....	

# 1 Architecture émission / réception

## 1.1 Introduction

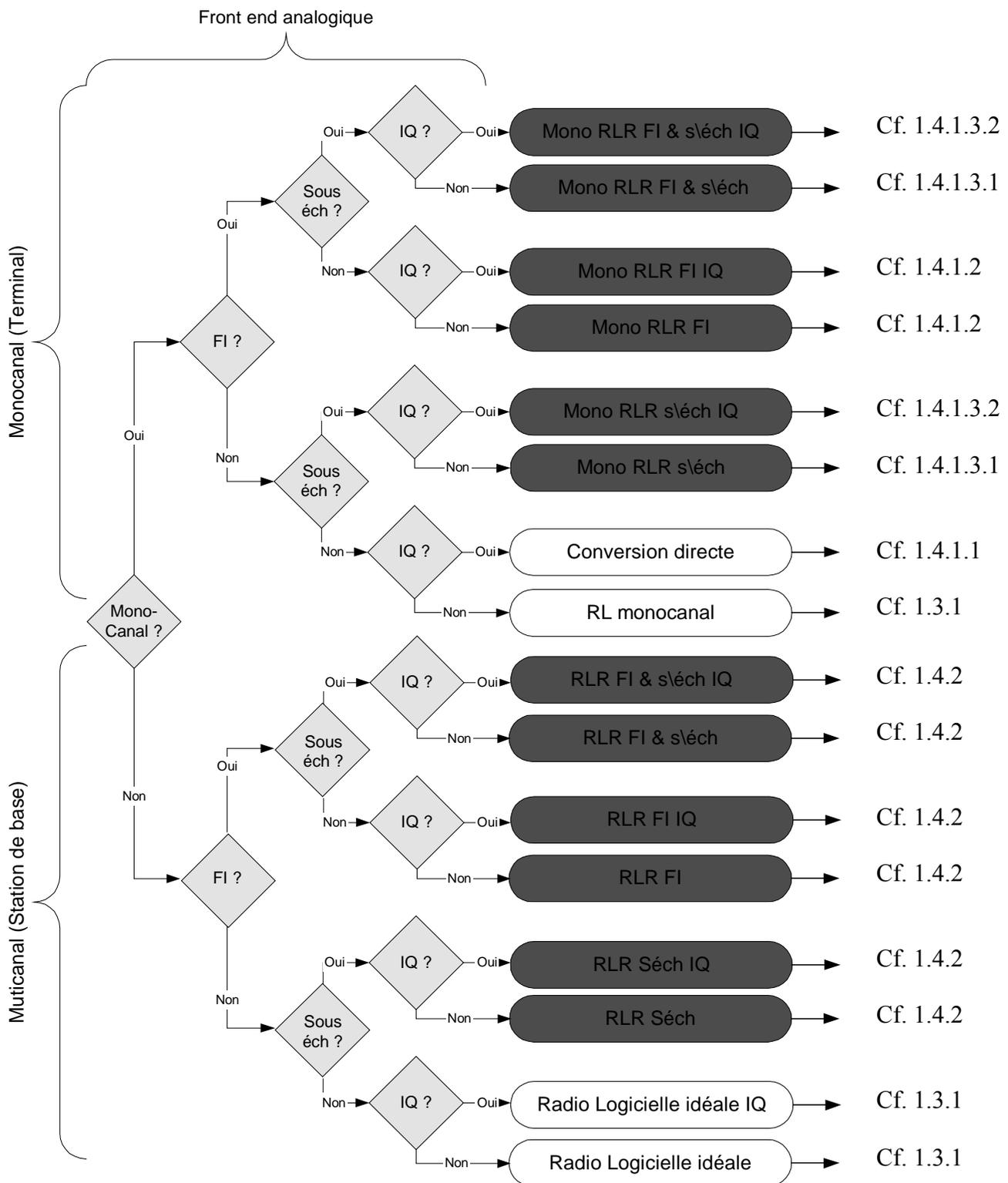
### 1.1.1 Le TU ou Terminal Reconfigurable

En effet, le but du SWR est de réaliser en numérique ce qui auparavant l'était en analogique afin d'être le plus reprogrammable possible. La solution consiste à échantillonner le plus près possible de l'antenne. Le SWR doit permettre une uniformisation (architecture générique) et une simplification du matériel (Hard en anglais) en permettant une reconfiguration (téléchargement) de tout ou partie des fonctions de l'appareil. Néanmoins, actuellement, la radio logicielle n'est pas réalisable et oblige à se tourner vers des solutions intermédiaires.



**Figure 1-1**  
Évolution des architectures radios

L'engouement pour la technique radio logicielle provient du fait qu'elle permet d'éviter l'empilement des récepteurs (stacked-radio) et répond ainsi à un besoin pressant de terminaux multi-mode et multi-standard. En effet, on assiste actuellement à une prolifération de standards (GSM, IS95, UMTS, DECT...) dont les parties radios sont incompatibles. L'idéal SWR est un récepteur multi-bande et multi-mode capable d'être modifié par logiciel de la tête RF au protocole. Une conséquence du SWR est de permettre la démodulation simultanée en numérique d'un grand nombre canaux. Cette technique s'appuie sur un échantillonnage large bande et intéresse particulièrement les stations de base.



**Figure 1-2**  
**Classification des différentes architectures possibles du récepteur RL**

Quatre paramètres sont pris en compte afin de déterminer l'ensemble des architectures possibles.

1. Mono / multi canal

Il s'agit du fait de n'utiliser qu'un seul canal à la fois. Dans cette optique, un terminal est plutôt monocanal alors que la station de base est multicanal. Cependant avec l'apparition des réseaux libres cette vision des choses pourraient évoluer vers des terminaux multicanaux.

Conséquences architecturales :

- la démodulation sera différente suivant le cas considéré mono ou multicanal. En multicanal la démodulation et la « channelization » analogique ne seront pas considérées (voir respectivement le point n°4 et la remarque n°2).
  - La largeur des filtres RF ou FI sera choisit de manière optimale en fonction du cas considéré.
2. Transposition de fréquence  
L'utilisation d'une FI est sans doute passagère car c'est une restriction de la RL idéale à une bande de fréquence restreinte. L'architecture qui en découle est nécessairement RLR (Radio Logicielle Restreinte). La FI est actuellement nécessaire pour deux raisons. La première est l'impossibilité dans bien des cas de numériser le signal directement en RF, la seconde est liée à la consommation engendrée par l'utilisation de composants à hautes fréquences.
  3. Sous échantillonnage  
Le sous échantillonnage est une technique qui permet d'éviter l'utilisation du CAN des fréquences élevées du signal RF. L'architecture qui en découle est nécessairement RLR (Radio Logicielle Restreinte).
  4. Démodulation numérique ou analogique  
La démodulation est prise dans le sens passage de fréquence porteuse (RF ou FI) au symbole complexe en bande de base. En analogique, la démodulation s'effectue à l'aide d'un déphaseur  $\pi/2$  pour obtenir les deux voies I et Q. En numérique, la démodulation est rendue possible grâce à un suréchantillonnage de la fréquence symbole. La démodulation analogique est utilisée uniquement pour la réception monocanal.

*Remarques :*

1. les filtres ne sont pas considérés dans ce schéma. En effet, chaque architecture prendra les filtres les plus adaptés.
2. Pour la réception multicanal en RLR, seule est considérée une « channelization » en numérique. En effet, sa contrepartie analogique est trop lourde à mettre en œuvre (cf. 1.2.2) et va à l'encontre de l'évolution vers la RL. La technique (bancs de filtres, canal par canal) utilisée pour réaliser cette « channelization » fait l'objet des études du SP2.

## 1.2 Architectures classiques

### 1.2.1 Monocanal

#### 1.2.1.1 Réception superhétérodyne

L'architecture actuelle la plus courante (cf. Figure 1-1) est de type superhétérodyne. Elle convient bien à un grand nombre de récepteurs.

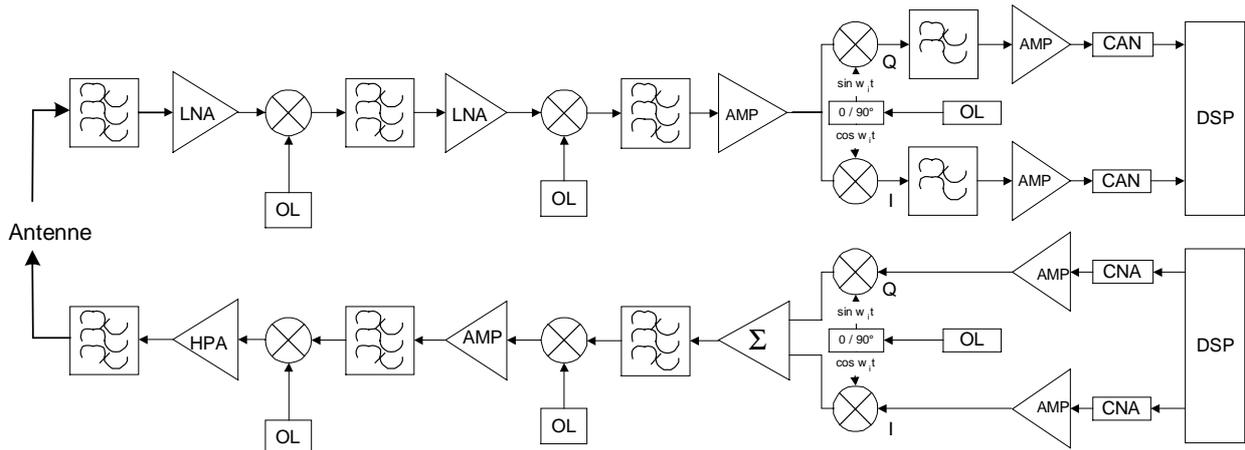


Figure 1-1  
Émetteur/récepteur à bande étroite superhétérodyne

Il existe de nombreuses variantes de cette architecture, on peut citer les deux suivantes :

- De nombreux Processeurs de Traitement du Signal (PTS) contiennent désormais 2 CAN appairés.
- De nombreuses architectures ne font plus de déphasage de  $\pi/2$  mais un suréchantillonnage à  $4 F_s$  (Fréquence symbole). Grâce à cette opération on obtient directement les symboles complexes.

### 1.2.2 Multicanal

Empilement de l'architecture monocanal entre la dernière FI et le processeur de traitement de signal.

## 1.3 Architecture radio logicielle idéale

### 1.3.1 Présentation de la radio logicielle (SWR)

Le schéma suivant (Figure 1-1) représente l'architecture générique d'une radio logicielle.

- Fonctionnement

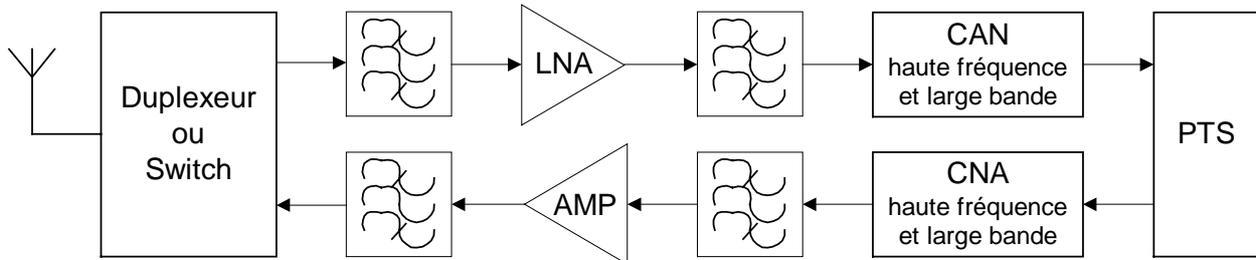


Figure 1-1  
Radio Logicielle (SWR)

Le signal est amplifié par un amplificateur large bande LNA (Low Noise Amplifier) avant d'être filtré pour ne laisser passer que la bande utile du signal. Ensuite un CAN large bande échantillonne ce signal composite. Enfin, un Processeur de Traitement du Signal (PTS) effectue les opérations classiques de démodulation, décodage ...

- Avantages

Les avantages de cette technique offre la possibilité d'effectuer en numérique la sélection de canal, l'accord en fréquence, la démodulation et le filtrage du canal. Elle est, en particulier, bien adaptée à la recherche des fréquences porteuse et de rythme et/ou du type de modulation. Pour la station de base, la démodulation simultanée d'un standard entier entraîne la suppression de l'architecture avec un empilement des récepteurs.

Il devient désormais possible de traiter tout schéma de modulation sans changer de matériel !

Outre l'aspect flexibilité du terminal et l'unicité de son architecture, le remplacement de certaines fonctions analogiques par leurs équivalents en numérique présente de nombreux avantages, comme :

- la disparition de certains composants (filtres, oscillateurs, OCT<sup>1</sup>...) ayant la réputation d'être coûteux, encombrants, réglables ou sujets aux dérives,

- la réalisation plus aisée de certaines fonctions comme un synthétiseur de verrouillage de phase rapide.

- Inconvénients

Les récepteurs (LNA, CAN) doivent être linéaires pour éviter les distorsions d'intermodulation ou harmoniques.

De nombreux problèmes subsistent si l'on désire réaliser une RL idéale. En effet, l'échantillonnage en RF et la reprogrammation de cette architecture augmentent les contraintes sur les récepteurs ainsi que sur les émetteurs. Celles-ci comme les antennes, PTS, téléchargement et la consommation sont abordées tout au long des différents chapitres du document. Le principale difficulté porte sur les capacités du CAN (résolution et vitesse) fait l'objet du chapitre 2 (numérisation du signal radio).

<sup>1</sup> OCT : Oscillateur Contrôlé en Tension

## 1.4 Architectures radio logicielles restreintes

### 1.4.1 Monocanal (Terminal)

#### 1.4.1.1 Conversion directe (démodulation analogique)

Le récepteur à conversion directe présenté sur la Figure 1-1 réalise directement une démodulation en RF en multipliant le signal RF par un OL à la valeur de la porteuse du canal à démoduler  $f_0$ . Cette technique est déjà utilisée dans certains récepteurs DECT.

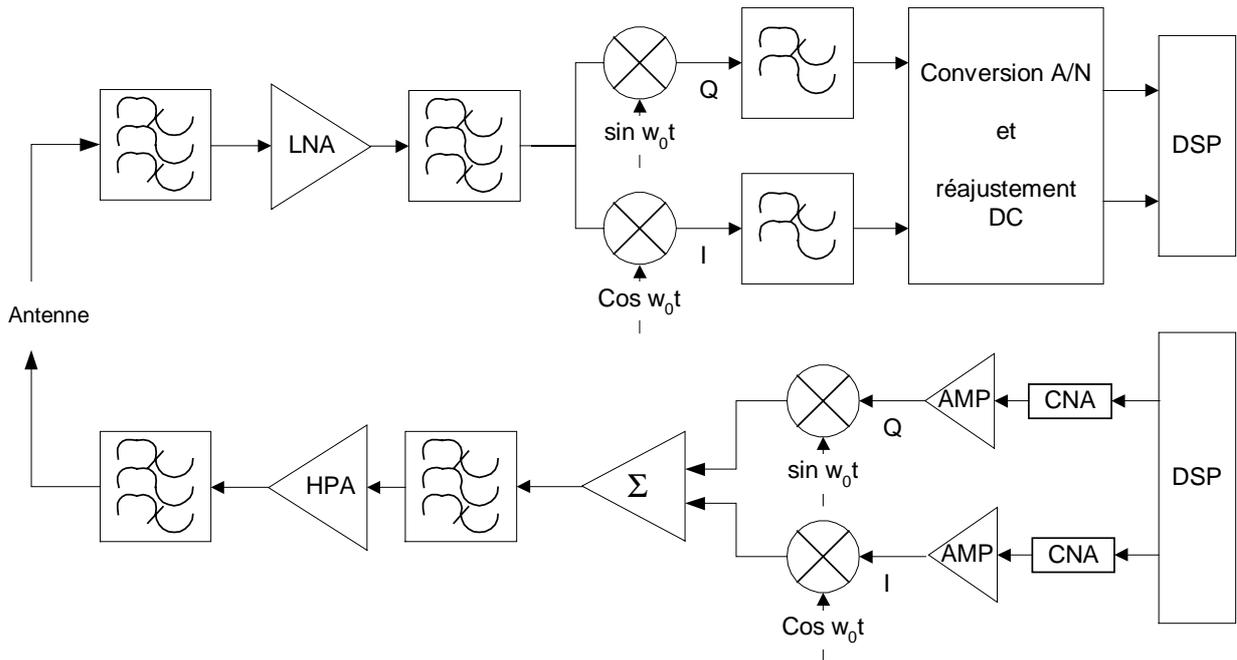


Figure 1-1  
Émetteur-récepteur à conversion directe

Cette architecture présente un réel avantage car elle n'a pas besoin de transposition en FI. De plus, elle utilise des CAN/CNA classiques donc peu coûteux.

Par contre coté réception, elle présente deux inconvénients : une erreur importante sur la composante continue résultant de la réjection de l'OL dans l'entrée RF et une sensibilité aux émetteurs puissants dans les canaux adjacents qui saturent les mélangeurs.

Pour pallier le problème de la composante continue, il est possible d'utiliser le principe de la FI quasi zéro en utilisant un OL non pas à la valeur de la porteuse canal  $f_0$  mais légèrement décalée à  $f_0 + 1/2 BPC$ . La réjection de l'OL est grandement facilitée au prix d'un traitement plus important dans le DSP (cf.).

Le principal handicap de cette architecture est lié à l'OL. En effet, celui-ci doit être capable de synthétiser toutes les porteuses de tous les standards auxquels le récepteur peut accéder. De plus la réalisation d'un déphaseur de  $\pi/2$  à fréquence élevée est difficile.

Coté émission un autre avantage réside dans le fait de ne pas avoir à filtrer les résidus de bande image par rapport aux architectures avec FI.

### 1.4.1.2 FI basse fréquence

Pour pallier le problème du CAN l'idée est de réaliser une transposition de fréquence la plus basse possible. Cette architecture est un compromis par rapport à la radio logicielle idéale (SWR). En effet, d'une part, la bande de fréquence ramenée en FI doit être supérieure à la moitié de la bande passante du plus grand canal à démoduler. D'autre part, la fréquence d'échantillonnage du CAN doit être la plus basse possible. Il faut donc trouver un compromis entre la bande la plus faible pour la numérisation et la bande passante du plus grand des canaux que l'on cherche à démoduler.

Cette architecture présentée Figure 1-1 contient une FI fixe avant le CAN.

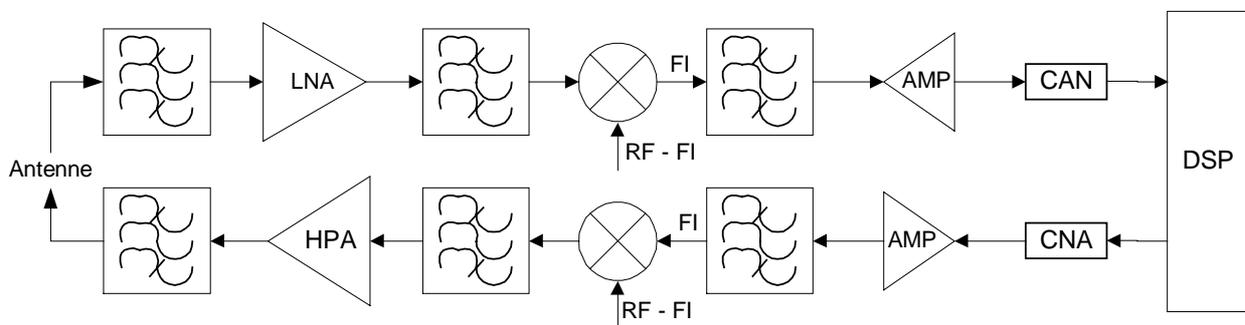
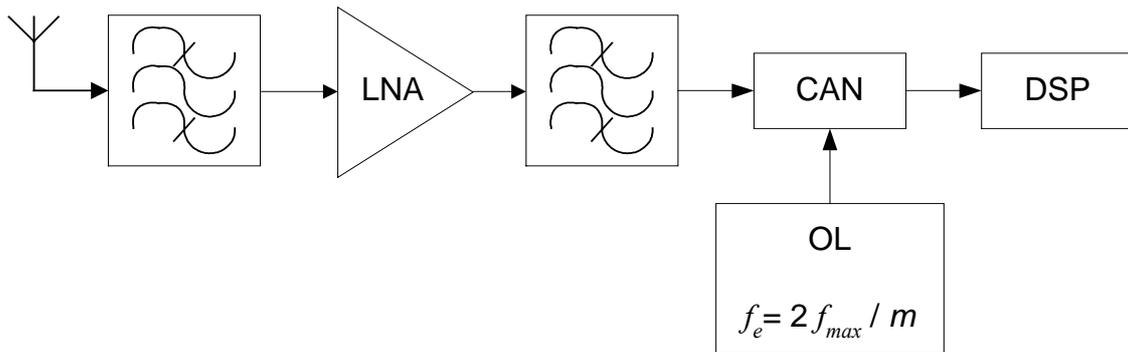


Figure 1-1  
Transposition en FI BF

L'inconvénient majeur des architectures avec transposition de fréquence par rapport à la future radio logicielle est la réapparition d'une transposition de fréquence.

### 1.4.1.3 Sous échantillonnage

Remarque : dans la suite du paragraphe le sous échantillonnage peut-être réalisé en RF mais peut très bien s'effectuer en FI. Dans ce dernier cas, il suffit d'ajouter une transposition de fréquence.



**Figure 1-1**  
**Architecture en sous-échantillonnage**

L'idée est d'utiliser le CAN (CNA) comme système de transposition. Il permet donc de numériser un canal en bande de base. La fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à deux fois la bande passante à numériser et égale à un sous multiple de la fréquence maximale RF (ou FI). Un filtrage RF (ou FI) s'avère bien sûr nécessaire.

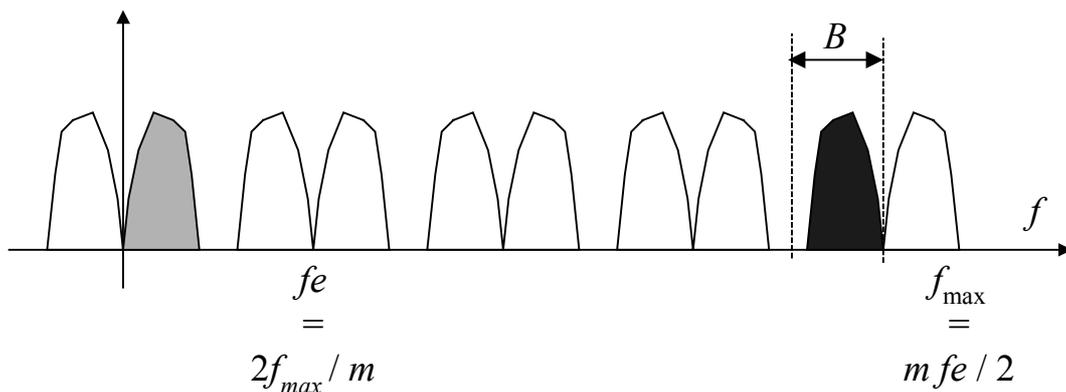
Le principal avantage réside dans la disparition des transpositions de fréquence mais les contraintes sur le CAN (CNA) demeurent très fortes.

Remarque : si la réalisation d'un émetteur nous semble, à priori, faisable, nous n'avons cependant trouvé aucun article présentant ce type d'architecture.

#### 1.4.1.3.1 FI quasi zéro ou FI à 1/2 largeur canal

En sortie du CAN, on obtient une image numérisée de la bande canal RF (ou FI) si  $f_e$  suit l'équation suivante (cf. Figure 1-1) :

$$f_e = 2 f_{\max} / m \quad (1-1)$$



**Figure 1-1**  
**Effets du sous-échantillonnage**

#### 1.4.1.3.2 FI zéro ou démodulation directe (I/Q)

Pour l'échantillonnage d'un canal et l'obtention d'une réplique directement en bande de base, il faut utiliser la modification suivante de l'équation précédente :

$$f_e = 2 f_{\max} / (m - 0,5)$$

## 1.4.2 Multicanal (Station de base)

Les architectures multicanal suivent la même découpe que les architectures monocanal comme cela est présenté Figure 1-2.

Dans les descriptions des architectures monocanal, il suffit en effet de remplacer le mot canal par bande passante comprenant plusieurs canaux (pour les stations de base, l'intérêt est d'avoir au moins un standard en entier).

Les implications sur le matériel par rapport aux architectures monocanal sont :

- CAN/CNA : Le SDFR et le nombre de bits augmentent en fonction de la dynamique nécessaire à l'échantillonnage simultané de plusieurs canaux.  
En particulier, le sous-échantillonnage en RF nécessite les mêmes contraintes de SDFR et de bande passante d'entrée que La RL idéale. C'est-à-dire un SDFR supérieur à 100 dB et une bande passante d'entrée supérieure à la fréquence maximale à échantillonner soit 1 GHz pour les standards à 900 MHz.
- Filtres RF/IF : en règle générale les contraintes sur les filtres sont atténuées.
- Amplificateurs : les contraintes de linéarités sont augmentées.

### Exemple de réalisation FI BF multicanal :

Dans le cadre du projet SORT [11], une réalisation d'une architecture SDR en FI basse fréquence basée sur ce principe a été testée. Cette solution numérise la plus grande bande de fréquence démodulable (en 1998) en radio logicielle à l'aide de CAN Sigma Delta ( $\Sigma\Delta$ ) soit environ 2 MHz. Elle permet de démoduler un canal IS95 ou 8 canaux GSM.

## 1.4.3 Autres architectures

### 1.4.3.1 Deux étapes

Le Terminal Universel Auto-adaptatif (TUA) a besoin pour fonctionner d'une architecture qui intègre deux fonctions fondamentales. L'analyse Large Bande (ALB) constitue la première tandis que la deuxième repose sur la possibilité par le terminal d'adapter son architecture (matérielle et logicielle) aux signaux reçus.

A la réception, le RUA se sert de l'Analyse Large Bande pour identifier les signaux susceptibles d'être exploités par le récepteur dans les bandes de fréquences qui lui sont permises. Le nombre important de canaux aux normes différentes auxquels le TUA est susceptible d'être connecté requiert une capacité d'auto-adaptation de son architecture.





### 3 Références

- [1] D. W. Bennet, J. R. MacLeod, J. P. McGeehan, "Broadband High Dynamic-Range RF Transmitter Technology for Flexible Multi-Standard radios", ACTS, Mobile Communications Summit, Rhodes, June 8-11, 1998.
- [2] C. Bonnet, G. Caire, A. Enout, P. Humblet, G. Montalbano, A. Nordio, D. Nussbaum, T. Höhne, R. Knopp, B. Rimoldi, "An open software-radio architecture supporting advanced 3G+ systems", *Annales des télécommunications*, Tome 56, n°5-6, mai-juin 2001.
- [3] A. Ciochocki, R. Unbehauen, "Neural Networks for Optimization and Signal Processing", Wiley and sons, New York, 1993.
- [4] N. J. Drew, P. Tottle, "IC Technologies and Architectures to Support the Implementation of Software Define Radio Terminals", ACTS, Mobile Communications Summit, Rhodes, June 8-11, 1998.
- [5] D. Efstathiou, J. Fridman Z. Zvonar, "Recent Developments in Enabling Technologies for Software Defined Radio", *IEEE Communications Magazine*, August 99, pp. 112-117.
- [6] G. Fleming, P. Diaz, E. Berruto, "A Radio Independent Network – the Enabler for Software Radio", ACTS, Mobile Communications Summit, Rhodes, June 8-11, 1998.
- [7] J. C. Ducez "Interface Analogique/Numérique et transposition de fréquence numérique pour émetteur-récepteur universel", Dossier CNET N° 97-7.1344.
- [8] A. Fasbender, F. Reichert, E. Geulen, J. Hjelm, T. Wierlemann, "Any Network, Any Terminal, Anywhere", *IEEE Personal Communication*, April 99, pp. 22-30.
- [9] H. Harada, M. Fujise, "Multimode Software Radio System by Parameter Controlled and Telecommunication Toolbox Embedded Digital Signal Processing Chipset", ACTS, Mobile Communications Summit, Rhodes, June 8-11, 1998.
- [10] B. Hedberg (Ericsson Radio Systems), "Technical Challenges in introducing Software Radio for Mobile Telephony Base Stations", First European Workshop on Software Radios, Brussels, 29 May 1997.
- [11] T. Hentschel (Dresden University of Technology), SORT, Contribution : SORT/WP3100/TUD/002.
- [12] T. Hentschel, G. Fettweis, "Sample Rate Conversion for Software Radio", *IEEE Communications Magazine*, August 2000, pp. 142-150.
- [13] T. Hentschel, G. Fettweis, M. Bronzel, "Channelization and Sample Rate Adaptation in Software Radio Terminals", ACTS, Mobile Communications Summit, Rhodes, June 8-11, 1998.
- [14] JF Jodouin, "Les réseaux neuromimétiques", Hermès, Collection informatique, Paris, 1994.
- [15] B. Kraemer, P. Chen, D. Damerow, K. Bacrania, (Harris Corporation), "Advances in Semiconductor Technology – Enabling Software Radio", First European Workshop on Software Radios, Brussels, 29 May 1997.
- [16] R. J. Lackey, D. W. Upmal, "Speakeasy: The Military Software Radio", *IEEE Communications Magazine*, May 95, pp. 56-61.
- [17] K. Madani, M. Lohi, "Technological Challenges in Software Defined Radio", ICT 2000, Acapulco, 22-25 mai 2000.
- [18] J. Mitola, "Technical Challenges in the Globalization of Software Radio", Joseph Mitola III, *IEEE Communications Magazine*, February 99, pp. 84-89.
- [19] J. Mitola, "Software Radio Technology Challenges and Opportunities", First European Workshop on Software Radios, Brussels, 29 May 1997.
- [20] J. Mitola, "The software Radio Architecture", *IEEE Communications Magazine*, May 95, pp. 26-38.
- [21] J. Mitola, "Software Radios: Survey, Critical Evaluation and Future Directions", *Proceedings of the National Telesystems Conference*, NY: IEEE Press, May 1992.
- [22] J. Palicot, C. Roland, "A two step architecture for an adaptive receiver", 3G2000, London, 27-29 March 2000.
- [23] J. Palicot, C. Roland, "Procédé de traitement de signal pour récepteur radio numérique large bande et architecture de réception radio correspondante", Brevet n°9528 du 27 janvier 99.
- [24] J. Palicot, C. Roland, "A new receiver with Acousto-Optic Modulators", ICT 2000, Acapulco, 22-25 mai 2000.
- [25] J. Park, I. W. Sanderg, "Approximation and Radial Basis Function Networks", *Neural Computation*, Volume 5, pp. 305-316, 1993.
- [26] B. Razavi, "Recent Advances in RF Integrated Circuits", *IEEE Communications Magazine*, December 97, pp. 36-43.
- [27] K. Rissanen (Nokia Research Centre), "Technique Challenges in Software Radio", First European Workshop on Software Radios, Brussels, 29 May 1997.

- [28] C. Roland, J. Palicot, "A Blind Recognition of the Transmitted Signal for an Auto-Adaptive Re-configurable Terminal", SUMMIT 2001, Barcelona, 10-12 septembre 2001.
- [29] A. K. Salkintzis, H. Nie, P. T. Matthiopoulos, "ADC and DSP Challenge Developpement of Software Radio Base Station", IEEE Personal Communications, August 99, pp. 47-55.
- [30] R. Shepherd, "Engineering The Software Radio", ACTS, Mobile Communications Summit, Rhodes, June 8-11, 1998.
- [31] C. Taylor, "Flexible Integrated Radio Systems Technology (FIRST)", First European Workshop on Software Radios, Brussels, 29 May 1997.
- [32] TRUST, IST-1999-12070, D3.1.1, "Proposal and initial investigation of certain know and augmented analogue signal processing techniques for future flexible transceiver architectures", 29 Sept. 2000.
- [33] T. Turletti, D. Tennenhouse, "Complexity of a Software GSM Base Station", IEEE Communications Magazine, February 99, pp. 113-117.