

# DHASA

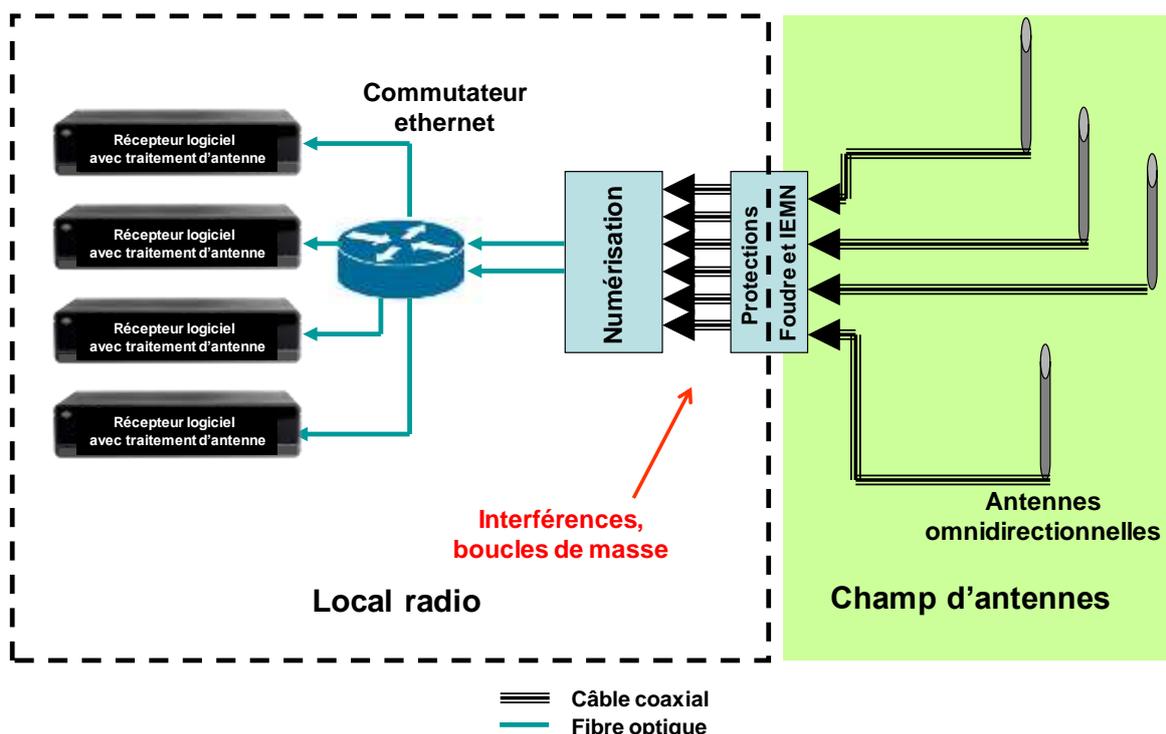
## Digital HF Antenna System for Phased Arrays

### Système d'antennes HF numériques pour réseaux phasés

Les réseaux d'antennes de réception permettent une augmentation significative du rapport signal à bruit, grâce à la formation de faisceau (beamforming) et/ou aux diversités spatiale et de polarisation. Ils sont incontournables dans le domaine HF pour les transmissions haut débit et longue distance, pour les modulations comme la WBHF, la HF-XL, ...

Les réseaux de réception numérique conventionnels en HF (de première génération, figure ci-dessous) utilisent un banc de numériseurs synchronisés dans le local radio, connectés à des antennes (généralement actives) à travers de long câbles coaxiaux. Les données issues des numériseurs sont ensuite distribuées à des récepteurs logiciels (SDR, Software-Defined Radio) qui effectuent le traitement multi-antennes requis.

#### Distribution numérique avec numérisation dans local radio



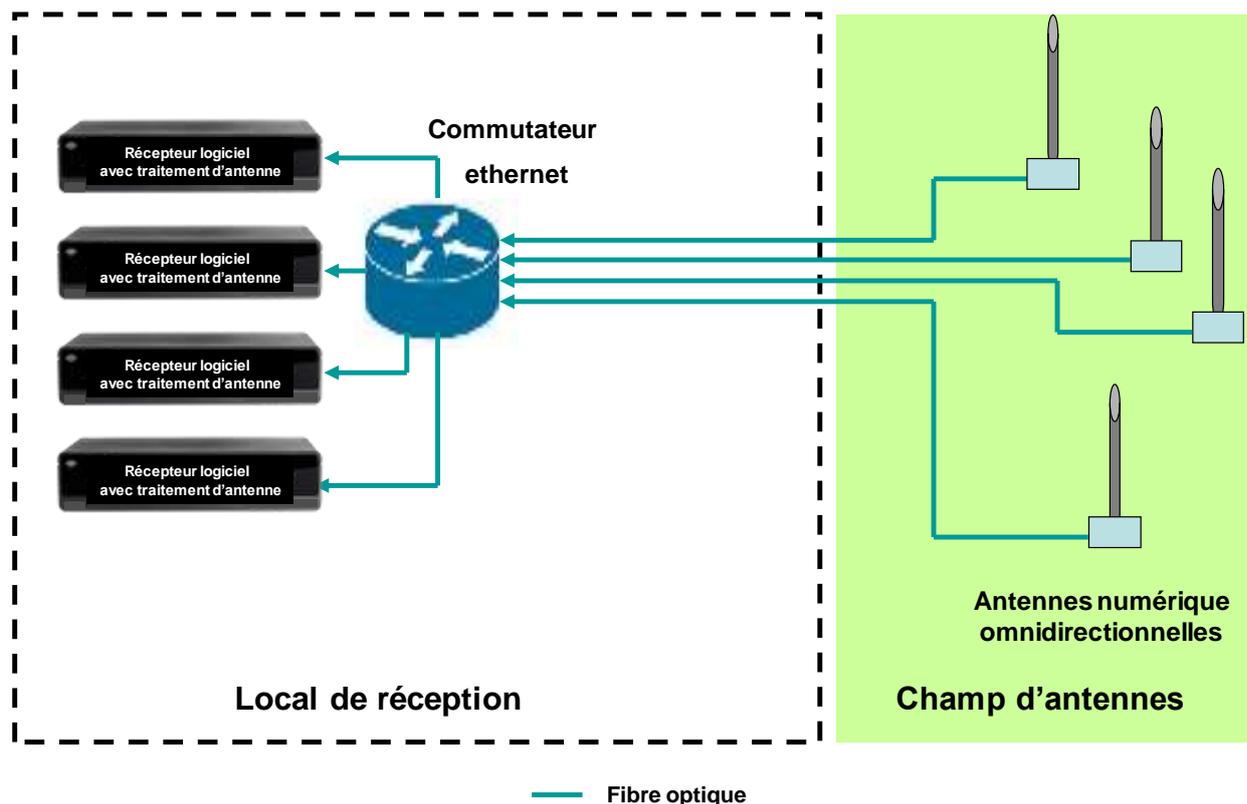
Une telle configuration possède quelques inconvénients qui limitent les performances, l'étendue maximale du réseau ainsi que la distance maximale réseau – local radio:

- pertes dans les câbles coaxiaux
- couplage des câbles coaxiaux avec les antennes
- coût et poids des câbles coaxiaux (notamment pour les réseaux tactiques)

- les longueurs des câbles coaxiaux doivent être maîtrisées/connues avec précision (de l'ordre du centimètre) ; pour les grandes longueurs, les variations en température sont limitantes.
- difficulté et dérive du tarage des antennes
- au niveau du local radio : interférences, boucles de masses, nécessité d'installer des protections foudre requises au niveau des coaxiaux.
- ...

Avec une numérisation au niveau de l'antenne (figure ci-dessous), les câbles coaxiaux peuvent être supprimés et remplacés par des fibres optiques. Une alimentation électrique est requise, mais les contraintes imposées à ces câbles sont bien plus légères que pour les coaxiaux.

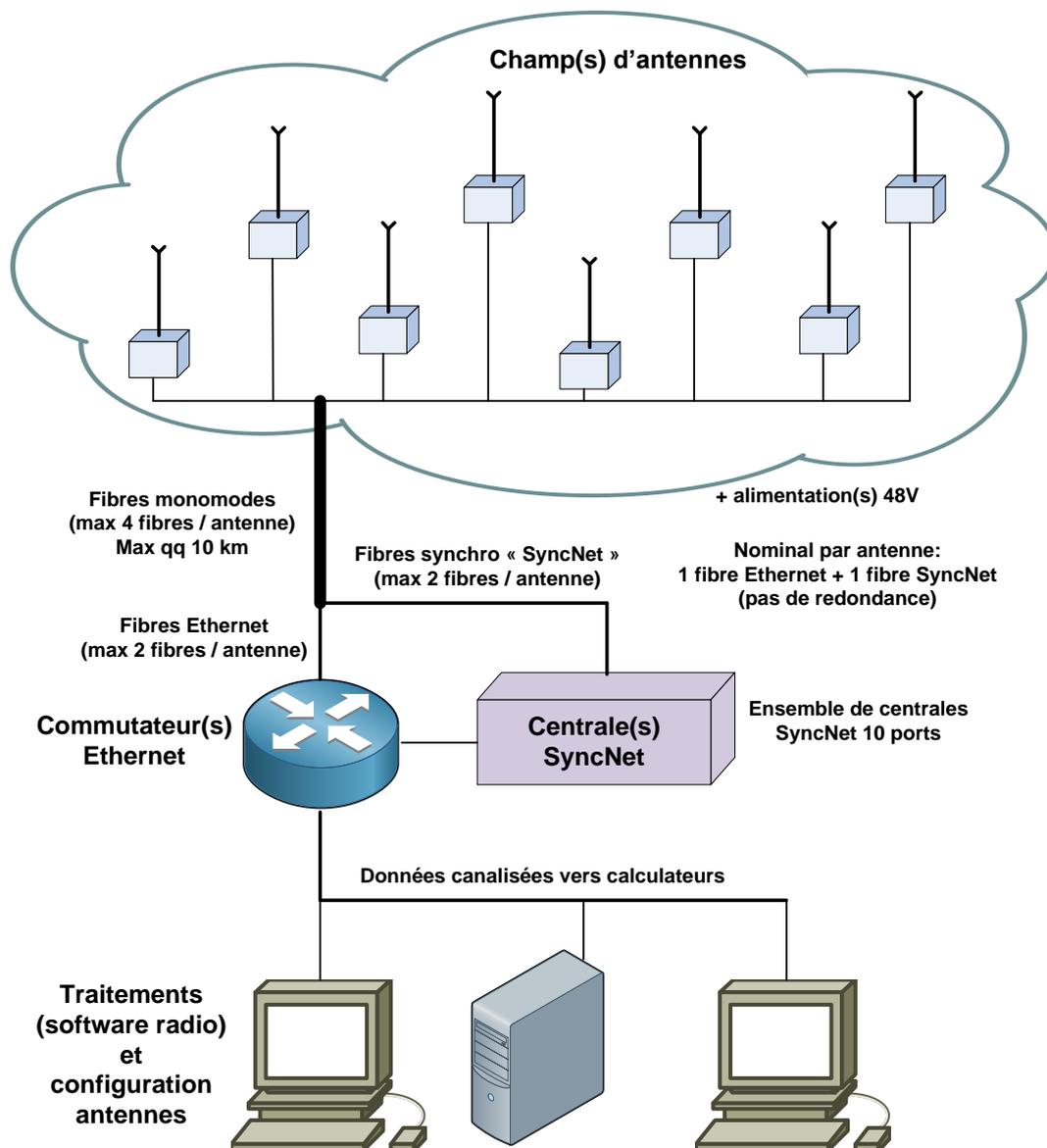
## Distribution numérique avec numérisation en pied d'antenne



De plus, avec maintenant un ordinateur au niveau de l'antenne, cette configuration offre de nouvelles possibilités, par exemple:

- auto-calibration intégrée
- égalisation numérique intégrée
- mesure de l'impédance de l'aérien par le système de calibration, permettant la compensation du plan de sol et la détection de défaut.
- géolocalisation intégrée (relative/absolue), éventuellement avec l'orientation, via l'emploi de récepteurs GNSS (GPS) standards et d'autres capteurs (gravimètres,...)
- Pas de limitation de la distance réseau d'antennes – local radio
- ...

Le problème majeur de cette configuration est la synchronisation à longue distance des numériseurs des antennes, afin de permettre le traitement phasé des données. FEE utilise son système de synchronisation SyncNet comme épine dorsale du réseau:



Grâce au système de synchronisation SyncNet (de niveau picoseconde), à l'autocalibration des antennes, au positionnement relatif via GNSS, des réseaux de réception HF à large base peuvent être construits. Ils permettent la diversité spatiale, mais également la diversité de polarisation, quand des antennes de polarisations différentes sont intégrées dans le réseau.

Pour faciliter l'exploitation des données, une canalisation est effectuée au niveau de chaque antenne. Associée à une distribution en multicast sur ethernet, chaque récepteur SDR peut s'abonner uniquement aux canaux qui l'intéressent. Ceci se fait par l'intermédiaire du protocole IGMP entre les récepteurs SDR et les commutateurs ethernet.

Les canaux types dans les produits DHASA possèdent une bande passante (-3 dB) de 8 kHz, ils sont également régulièrement espacés de 8 kHz, et le signal est fourni avec une fréquence d'échantillonnage de 10 kHz. Les données (complexes) sont datées et fournies en virgule flottante 32-bit au standard IEEE754 ; elles sont référencées en volts au niveau de l'entrée analogique (au niveau de l'aérien pour les antennes).

Un protocole spécifique FEE reposant sur UDP/IP, ADCP (Antenna Discovery and Control Protocol), est utilisé pour la configuration, la recherche et la gestion des éléments connectés. Un ordinateur est requis pour gérer le réseau et assurer la cohérence de la configuration, les traitements pour le positionnement relatif, ... Ce dernier est nommé le « client maître » du réseau.

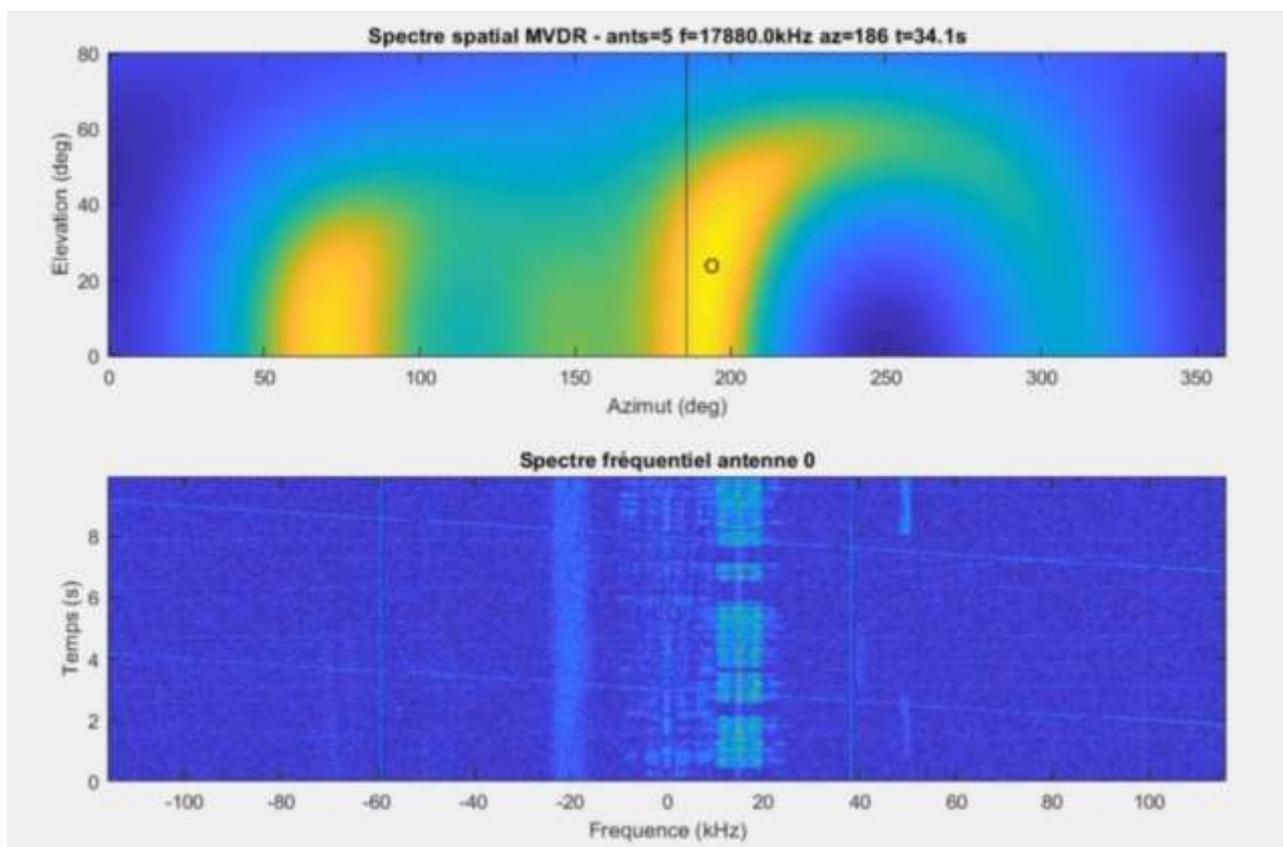
Les "clients esclaves" sont typiquement les récepteurs SDR, qui consultent le client maître pour obtenir la configuration et l'état courants du réseau (il n'y a pas de lien direct avec les antennes). Une adresse multicast particulière étant réservée par le maître pour la transmission périodique de l'état et

de la configuration du réseau, le trafic ethernet entre maître et esclaves est minimal (configuration initiales). Les données canalisées elles-mêmes n'étant pas gérées par le client maître, mais diffusées sur le réseau ethernet, le nombre de récepteurs SDR « esclaves » n'est pas limité. Avec une canalisation pleine bande HF, les récepteurs SDR sont ainsi autonomes et peuvent écouter toute fréquence avec la bande passante qu'ils désirent. Si nécessaire, la reconstruction d'un signal large bande à partir des canaux élémentaires peut se faire par un étage de prétraitement optimisé à base de FFT.

La latence globale entre signal analogique et récepteur SDR dépend des paramètres choisis (par le client maître) pour la diffusion des paquets de données (un paquet =  $c$  canaux \*  $s$  échantillons temporels). Pour une taille de paquet donnée, une latence faible implique plus de canaux et moins d'échantillons temporels. Le protocole ADCP peut intégrer une redondance si nécessaire (2 réseaux ethernet physiques, 2 clients maîtres).

Les systèmes DHASA peuvent également utiliser une adresse multicast supplémentaire pour transmettre périodiquement les puissances moyenne et crête vues sur chaque canal élémentaire. Ceci permet par exemple la visualisation en temps réel (max 50 images/s) du spectre canalisé à faible débit et avec un coût limité en ressources du côté utilisateur (client esclave).

Ci-dessous est montré un exemple qualitatif d'un traitement sur un petit réseau prototype de 5 antennes (diamètre 9 m), un spectre spatial bande étroite MVDR (Capon) à 17.880 MHz (avec 2 stations AM sur la même fréquence). En dessous, un tracé du spectre large bande sur 200 kHz, montrant d'autres stations et deux balayages de sondeurs.



Exemple de traitement avec un petit réseau de 5 monopôles numériques DHAMO

Les principaux produits DHASA sont actuellement:

- Antenne-récepteur monopôle numérique HF DHAMO
- Antenne-récepteur double dipôle horizontal HF DHADI
- Récepteur numérique HF SYDRE
- Tiroir de distribution alimentation 12 ports 48V DHAPO
- Centrale de distribution SyncNet SYDON pour synchronisation des réseaux d'antennes