

PROPOSITION D'ARCHIVAGE AU CDPP DES DONNEES RADIO STEREO/WAVES

Sang HOANG et Baptiste CECCONI
Observatoire de Paris, LESIA

0. PROLOGUE : NOUVELLE VERSION V2

La présente version V2 est principalement motivée par la modification décidée à la réunion d'archivage des données radio STEREO du 4 décembre 2006, concernant la structure des fichiers journaliers des données pleine résolution des 2 récepteurs de SWaves, LFR et HFR. En effet, les différentes bandes (sous-récepteurs) de chaque récepteur (LFA, LFB, LFC pour le récepteur LFR ; HF1, HF2 pour HFR) seront désormais regroupées dans le même fichier journalier au lieu d'être éclatées dans des fichiers distincts (Section concernée : §4.2).

Une autre mise à jour est rendue nécessaire à la suite de la clarification du mode opératoire du balayage des 2 bandes composantes, HF1 et HF2, du récepteur HFR. Car, en effet, on doit prévoir que ces 2 balayages, qui sont toujours effectués séquentiellement (dans le temps), peuvent être commandés dans certains cas à se chevaucher ou même s'intercaler en fréquence, contrairement à ce qui a été prévu initialement dans 2 gammes de fréquences distinctes et adjacentes, 125 – 2025 kHz pour HF1, et 2025 – 16025 kHz pour HF2 (Section concernée : §3.2.2).

Autres modifications et/ou précisions :

- Section 4.3 : Données moyennées à 60 s. On précise que seules les fréquences réellement observées seront retenues.
- Section 4.4 : Spectres dynamiques. Les spectres dynamiques des 2 sondes STEREO seront tracés ensemble dans le même fichier postscript au lieu d'être tracés dans 2 fichiers distincts.

1. PRESENTATION

Les données radio que nous proposons pour l'archivage seront issues de l'instrument **WAVES** embarqué sur la mission **STEREO** (Solar TERrestrial RELations Observatory) de la NASA. Cette mission comporte **2 sondes spatiales** (presque) **identiques, stabilisées 3 axes**, l'une précédant la Terre sur son orbite autour du Soleil – désignée **STEREO-A** (comme Ahead en anglais), et l'autre suivant derrière la Terre – désignée **STEREO-B** (comme Behind). L'angle « stéréo » entre les directions d'observation solaire des 2 sondes va croître de 0° au départ de la Terre après le lancement, à raison d'environ 4 degrés par mois, jusqu'à 180° et au-delà au cours de la mission (durée nominale 2 ans, prolongeable de 2 ans supplémentaires).

L'objectif principal de STEREO est d'effectuer des observations et mesures stéréoscopiques du Soleil et de ses éjections de masse coronales (CMEs) et de ses particules énergétiques dès leur départ du Soleil. Pour cela, les 2 sondes embarquent chacune le **même ensemble de 4 instruments** différents et complémentaires (Réf. 1) :

IMPACT (In-situ Measurements of Particles and CME Transients) mesurera les caractéristiques plasma, la distribution 3-D des particules énergétiques solaires et CMEs, ainsi que le vecteur champ magnétique interplanétaire.

PI (Principal Investigator) : Janet Luhmann, University of California, Berkeley.

PLASTIC (PLAsma and SupraThermal Ion Composition) fournira les caractéristiques plasma des protons, particules alpha et ions lourds, la composition de ces derniers ainsi que la caractérisation des CMEs par rapport au plasma coronal ambiant.

PI : Antoinette Galvin, University of Hampshire.

SECCHI (Sun Earth Connection Coronal and Heliospheric Investigation), avec ses imageurs et coronographes, étudiera l'évolution à 3-D des CMEs depuis le Soleil à travers la couronne et le vent solaires jusqu'à leurs impacts à la Terre éventuellement.

PI : Russell Howard, Naval Research Laboratory, Washington, D.C.

S/WAVES (STEREO/WAVES) est un ensemble de récepteurs radio qui traquera des CMEs et des particules énergétiques solaires grâce aux émissions radio produites par ces perturbations au cours de leur déplacement dans la couronne et dans l'espace interplanétaire.

PI : Jean-Louis Bougeret, Observatoire de Paris, LESIA, Meudon.

2. TRAITEMENT DES DONNEES RADIO SUR S/WAVES

Les données acquises par les récepteurs radio de l'instrument S/WAVES arriveront des Etats-Unis au laboratoire LESIA à Meudon sous forme de données brutes (TM) sur 2 supports : liaison INTERNET (données préliminaires et définitives en temps quasi-réel dès leur disponibilité) et disques CDRom (données définitives par la poste).

Ces données brutes de niveau 0 (LZ) seront prétraitées en données à usage scientifique au LESIA. L'ensemble des prétraitements :

- Décommutation par récepteurs et par cycles de mesure,
- Datation (prise en compte de délais, de temps d'intégration, etc.),
- Conversion en unités physiques ($\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ au récepteur, entre autres),
- Enrichissement de données d'orbite/attitude,
- Extraction de données communes (« key parameters ») des instruments à bord,
- etc.

est assuré par la banque de données "SWAVES_TMLib" possédant une bibliothèque logicielle complète et un système de gestion de base de données. SWAVES_TMLib est développé à l'université de Minnesota sous la responsabilité de Keith Goetz. Il est installé dans les laboratoires du PI et de certains Co-Is du consortium S/WAVES (Observatoire de Paris/LESIA, NASA/GSFC et University of Minnesota) . Il tourne sur les plateformes agréées, Mac OS X et Windows XP, en C, Java, IDL ou Fortran (sur Mac OS X seulement) (Réf. 2).

Sur chaque sonde, STEREO-A ou STEREO-B, nous proposons pour l'archivage les produits suivants (**hors calibration interne**) qui nous paraissent les plus intéressants à une large communauté de radioastronomes (Réf. 6) :

- **Les spectres dynamiques** tracés dans la gamme totale des fréquences observées (niveau 2).
- **Les données moyennées (60 sec) étalonnées** (niveau 2).
- **Les données pleine résolution étalonnées** (niveau 2).
- **Les données GonioPolarimétriques (GP)** (niveau 3), donnant la direction, l'intensité, la dimension angulaire et la polarisation d'émissions radio observées.
- **Les "status"** des récepteurs radio donnant l'historique des configurations expérimentales commandées.
- **Les données d'orbite/attitude.**

Les données numériques produites pour l'archivage seront codées au format binaire IEEE "big endian" avant d'être acheminées au CDPP (ou en ASCII pour certaines données). Ce travail a largement bénéficié de celui effectué pour traiter et archiver les données radio de WIND/WAVES

dont on retrouvera beaucoup de ressemblances ; en particulier le traitement par les bibliothèques logicielles jumelles WIND_lib et SWAVES_TMLib.

Dans ce qui suit, nous allons décrire brièvement l'acquisition des données sur les récepteurs radio de S/WAVES, et particulièrement la structure et le format des données numériques à archiver.

3. ACQUISITION DES DONNEES RADIO SUR S/WAVES

L'expérience de radioastronomie S/WAVES a pour but principal de traquer des CMEs et des particules énergétiques solaires (SEPs) dès leur naissance au Soleil en utilisant leurs signatures radio émises au cours de leur voyage à travers la couronne et le vent solaires.

Pour cela, comme le montre le schéma synoptique des récepteurs radio de S/WAVES en **annexe A**, l'instrument radio se compose d'un système d'antennes électrique sophistiqué connecté à un système de réception radioélectrique à large gamme de fréquences. Il mesure simultanément le signal radio sur **2 voies indépendantes, V1 et V2**, amenant à 2 systèmes d'antennes différents. De la mesure de la corrélation (auto- et cross-) effectuée à bord (par le Digital Signal Processor - **DSP**) entre les signaux des 2 voies, on peut déduire par un traitement au sol (GonioPolarimétrie - **GP**) la direction, l'intensité et la polarisation des émissions radio. Le pilotage du fonctionnement des récepteurs et l'interfaçage de l'instrument radio avec la télémessure à bord sont assurés par l'unité de traitement de données **DPU** (Data Processing Unit).

3.1. Le système d'antennes embarqué

Le système d'antennes embarqué consiste en **3 monopôles orthogonaux, E_x , E_y et E_z** , de 6m de longueur chacun (Réf. 3). Chaque voie, V1 et V2, peut être connectée à 1 ou 2 monopôles parmi les 3 disponibles. La configuration est définie par le mode opératoire de l'instrument. Les mesures sont donc effectuées respectivement sur le monopôle sélectionné (par ex., $+E_x$ ou $-E_y$) ou le dipôle formé par les 2 monopôles sélectionnés (dipôle en V, d'ouverture 90° ; par ex., E_x-E_y ou E_y-E_z). Les différentes antennes qui seront utilisées devront être étalonnées en vol pour obtenir leurs directions et leurs longueurs électriques effectives (qui peuvent être différentes de leurs caractéristiques physiques).

3.2. Le système de réception radioélectrique

Le système de réception radioélectrique se compose de **2 récepteurs associés**, l'un couvrant la gamme basses fréquences de 2.5 à 160 kHz et dénommé **LFR** (Low Frequency Receiver), et l'autre la gamme hautes fréquences entre 125 et 16025 kHz et dénommé **HFR** (High Frequency Receiver). Chaque gamme de fréquences est partagée elle-même en sous-bandes qui seront analysées de manière séquentielle, d'abord les basses fréquences et ensuite les hautes fréquences. Chaque récepteur dessert en parallèle les 2 voies d'antennes **V1** et **V2**, exception faite du sous-récepteur LFA (décrit ci-dessous) qui lui ne mesurera que la voie V1 (pas de cross-corrélation entre 2 voies). A l'autre bout de la chaîne sur chaque voie, les récepteurs LFR et HFR aboutissent au même étage de CAG (Commande Automatique de Gain, ou AGC en anglais) qu'ils partagent en commun dans l'ordre : d'abord LFR, puis HFR. Par ailleurs, il existe un 3^{ème} récepteur, **FFR** (Fixed Frequency Receiver), fonctionnant à fréquence fixe (30 ou 32 MHz au choix) et qui est connecté à 1 seule voie d'antennes, la **voie V3** distincte de V1 et V2 et traitée directement par le DPU sans passer par le DSP. Le **FFR** est destiné à faire des observations stéréoscopiques avec le réseau décimétrique installé à Nançay.

3.2.1. Le récepteur basses fréquences LFR (2.5 - 160 kHz). C'est un récepteur **multi-canaux à filtrage numérique** capable de mesurer et d'analyser pendant un intervalle de temps t_r (appelé

temps de résolution) un **spectre** de puissance (intégré pendant un temps t_i , appelé temps d'intégration) de 16 fréquences dans chacune de 3 sous-bandes, **LFA**, **LFB** et **LFC** :

- **La bande LFA** de 2.5 à 10 kHz (1 seule voie V1) : les 16 fréquences centrales sont données par la formule $f_n(\text{LFA}) = 2.5 * 2^{(2n+1)/16}$ (kHz), avec $n = 0 - 15$;
- **La bande LFB** de 10 à 40 kHz (2 voies V1 et V2) : les 16 fréquences centrales sont données par la formule $f_n(\text{LFB}) = 10 * 2^{(2n+1)/16}$ (kHz), avec $n = 0 - 15$;
- **La bande LFC** de 40 à 160 kHz (2 voies V1 et V2) : les 16 fréquences centrales sont données par la formule $f_n(\text{LFC}) = 40 * 2^{(2n+1)/16}$ (kHz), avec $n = 0 - 15$.

Dans chaque bande, les fréquences centrales sont ainsi équi-espacées logarithmiquement avec une bande passante Δf (à 3dB) à la fréquence f telle que $\Delta f/f = 8.66\%$.

Le tableau de l'**Annexe B** donne la liste des 48 fréquences de LFR avec leurs bandes passantes.

3.2.2. Le récepteur hautes fréquences HFR (125 - 16025 kHz). C'est un récepteur à **balayage de fréquence** de type super-hétérodyne à **double changement de fréquence** (en 2 fréquences intermédiaires successives, 21285 et 140 kHz) avec la bande passante (à 3 dB) $\Delta f \approx 27$ kHz. Après ce double changement de fréquence, le signal reçu passe dans l'étage CAG dont la sortie emprunte ensuite 2 chemins : l'un passe à travers le circuit intégrateur (temps d'intégration t_i) pour la mesure précise de la tension CAG, et l'autre passe directement dans le DSP pour être analysé en termes d'auto- et cross-corrélations des voies d'antennes V1 et V2. Les corrélations sont analysées par le filtre numérique du canal 14 du récepteur LFC centré sur 140.50 kHz dans 1 bande passante à 3 dB de 12.2 kHz.

Le balayage en fréquence du récepteur HFR s'effectue de la façon suivante : pendant un palier de mesure de durée approximative t_r (appelé temps de résolution), il analyse 1 seule fréquence à la fois, puis au palier suivant, il passe à 1 autre fréquence, et ainsi de suite pendant le cycle de balayage. Ce balayage se déroule en fait suivant 2 balayages successifs de 2 bandes de HFR, **HF1** et **HF2**, qui peuvent occuper chacune une gamme de fréquences quelconque à l'intérieur de la gamme totale de 125 à 16025 kHz du récepteur HFR, couvrant 319 fréquences centrales équi-réparties linéairement selon la formule $f_n = 125 + n * 50$ (kHz), avec $n = 0 - 318$.

Le cycle de balayage de chaque bande, HF1 et HF2, est défini par le No. fréquence de début balayage, Ndebut, donnant la première fréquence balayée $f_1 = 125 + \text{Ndebut} * 50$ (kHz), l'incrément en fréquence du balayage = $\text{Npas} * 50$ (kHz), et le nombre de fréquences balayées, Npalier (durée t_r) . Le cas particulier, $\text{Npas} = 0$, correspond au **mode à fréquence fixe** : le sous-récepteur analyse alors la fréquence unique f_1 (début balayage) pendant Npalier paliers (durée t_r).

Le tableau de l'**Annexe C** liste les 319 fréquences possibles du récepteur HFR.

3.2.3. Le récepteur à fréquence fixe FFR (30025 ou 32025 kHz). Ce récepteur mesure l'intensité du signal à la fréquence fixe (30 ou 32 MHz, au choix par télécommande) de la voie d'antennes V3, en 16 échantillons, espacés de t_s ms (période d'échantillonnage), dans une bande passante à 3 dB : $\Delta f \approx 27$ kHz (comme HFR).

3.3. Les modes de fonctionnement

Le fonctionnement en séquentiel des sous-récepteurs LFA/B/C et HF1/HF2 d'une part, et le fonctionnement indépendant en parallèle du récepteur FFR de l'autre, sont illustrés sur le diagramme d'acquisition des données en fonction du temps donné en **Annexe D** (Réf. 4).

Dans ce qui suit, nous allons décrire les paramètres qui régissent le fonctionnement des 3 récepteurs, LFR (comprenant 3 bandes LFA, LFB et LFC), HFR (2 bandes HF1 et HF2) et FFR. Ces paramètres doivent être initialisés (set up) avant toute observation et ils peuvent être changés au cours du vol par télécommande pour optimiser le choix des modes d'observation.

Pour la localisation radio en LFB/C et HFR, on définit le **mode DF** (Direction Finding en anglais) qui permet de combiner diverses antennes afin de mesurer sans ambiguïté la direction d'arrivée, le flux et la polarisation des émissions à l'aide d'algorithmes de **GonioPolarimétrie (GP)** développés au LESIA. Ainsi dans le mode **DF0**, on mesure les corrélations (auto- et cross-) à 1 fréquence f donnée sur 1 palier t_r avec 1 antenne sur V1 et 1 autre sur V2 (12 configurations différentes prédéfinies sur 16 possibles) ; dans le mode **DF1**, on répète la mesure sur 2 paliers (t_r, f) successifs à la même fréquence f , chaque fois avec des antennes différentes sur V1 et sur V2 (2 configurations prédéfinies) ; dans le mode **DF2**, on fait la mesure sur 3 paliers (t_r, f) successifs à f constant, chaque fois avec des antennes différentes sur V1 et V2 (3 configurations prédéfinies).

L'ensemble des modes de fonctionnement (hors calibration interne) est donné avec leurs caractéristiques spécifiques dans le tableau figurant en **Annexe E** (Réf. 5).

4. ARCHIVAGE DES DONNEES DE NIVEAU 2

4.1. Généralités

Format des données (binaires). Les fichiers à produire seront tous de structure séquentielle. Les données seront codées au **format binaire IEEE "big-endian"** (binaire SUN) selon la convention :

I2 = Entier IEEE court (2 octets)

I4 = Entier IEEE long (4 octets)

R4 = Réel IEEE simple précision (4 octets).

Codage du temps "CCSDS" (Consultative Committee on Space Data System), format «**CDS**» : Codage en 2 entiers I4, N1 et N2, du temps défini par Jusecy et Sfract (Réf. 7) :

$N1 = 76 * 256 * 3 + \text{Jusecy} / 86400$ où Jusecy = Seconde julienne entière du jour depuis 1950.0 ;

$N2 = \text{MOD}(\text{Jusecy}, 86400) * 1000 + \text{INT}(\text{Sfract} * 1000.)$ où Sfract = Seconde fractionnaire du jour.

Codage du temps en seconde julienne entière. Le temps en seconde julienne est défini à partir du 1-Jan-1950 00:00:00 TU. Codé en entier long de 4 octets, il est valide jusqu'en 2018. (Plus précisément jusqu'en 2018/01/19 03:14:07.)

4.2. Les données pleine résolution étalonnées

Les données des différentes bandes (sous-récepteurs) du même récepteur (LFR, HFR ou FFR), acquises («**Band xxx ON**») dans une journée avec divers modes, seront enregistrées dans le même **fichier journalier** dans l'ordre **chronologique** de leur acquisition, à raison d'un **enregistrement logique (record en anglais) par cycle de mesure**. Chaque enregistrement comprend 1 **bloc d'en-tête** de longueur fixe et 1 **bloc de données** de longueur variable. Le bloc d'en-tête définit l'environnement du mode d'acquisition des données ; le bloc de données comprend les données acquises dans un cycle de mesure d'un sous-récepteur. La gestion des télécommandes par le DPU (Data Processing Unit) à bord assure avantageusement l'homogénéité d'un cycle de mesure envoyé dans un paquet de télémesure – même mode, même liste de fréquences, même configuration expérimentale, etc. Un autre avantage de l'enregistrement par cycle de mesure est qu'il permet de décrire l'environnement d'acquisition du cycle suffisamment en détail avec des paramètres en clair (c'est-à-dire non codés) dans l'en-tête, sans augmenter pour autant la taille des fichiers de manière prohibitive.

Nous allons distinguer dans ce qui suit 2 types de fichiers journaliers : les données des récepteurs LFR et HFR d'une part et celles du récepteur FFR de l'autre ; ce dernier est de structure beaucoup plus simple que les 2 premiers.

4.2.1. Les récepteurs LFR et HFR

4.2.1.1. Structure de l'enregistrement logique du cycle de mesure (LFR et HFR)

LOCTET1,	Prologue
IRAD, ITCDS, Jusecy, Iamjcy, Ihmscy, Sfract, Msti, Npalcy, Nfrpal, Nfreq, Nvoie, Iant12, Nconfig, Ncag2, Nauto2, LoopA, LoopC	En-tête
(PalkHz(i), i=1, Nfreq), ((Palttime(i,j), i=1, Npalcy), j=1, Nconfig), (((Cag1(i,j), i=1, Npalcy), (Cag2(i,j), i=1, Ncag2)), j=1, Nconfig), (((Auto1(i,j), i=1, Nfreq), (Auto2(i,j), i=1, Nauto2)), j=1, LoopA), (((CrosR(i,j), CrosI(i,j)), i=1, Nfreq), j=LoopC),	Données
LOCTET2	Epilogue

4.2.1.2. Description de l'enregistrement logique du cycle de mesure (LFR et HFR)

Champ	Code	Définition
LOCTET1	I4	Longueur (en octet) de l'enregistrement logique du cycle (hors LOCTET1 et LOCTET2).
IRAD	I2	Code récepteur STEREO-A : (11) LFA, (12) LFB, (13) LFC, (14) HF1, (15) HF2. Code récepteur STEREO-B : (21) LFA, (22) LFB, (23) LFC, (24) HF1, (25) HF2.
ITCDS	2I4	Date début du cycle au format CCSDS «CDS» défini à partir de Jusecy et Sfract (Cf. ci-dessous).
Jusecy	I4	Temps début du cycle de mesure en seconde julienne entière. (Le début d'un cycle est celui du 1er palier de mesure.)
Iamjcy	3I2	Date (aaaa,mm,jj) du début du cycle.
Ihmscy	3I2	Heure (hh,mm,ss) du début du cycle.
Sfract	R4	Seconde fractionnaire restante de Jusecy (ex. 0.240156).
Msti	I2	Temps d'intégration (de base) t_i en ms.
Npalcy	I2	Nombre de paliers de mesure du cycle = 1 (Spectre, LFR), Nsteps (Pas-fréquence balayés, HFR).
Nfrpal	I2	Nombre de fréquences mesurées dans un palier de mesure = 16 (LFR), 1 (HFR).
Nfreq	I2	Nombre de fréquences mesurées du cycle = Npalcy * Nfrpal = 16 (LFR), Nsteps (HFR).
Nvoie	I2	Nombre de voies d'antennes connectées (V1,V2) = 1 (V1, LFA), 2 (LFB/C, HFR).
Iant12 (3)	3I2	Configurations des antennes (V1/V2) utilisées à chaque fréquence (3 au maximum) : Iant12 = du : chiffre d → V1 , u → V2 , pour chaque config ; chiffre 9 → NON opérationnel. LFA : du = 00 (Off/Off), 10 (-Ex/Off), 20 (+Ey/Off), 30 (Ey-Ex/Off). LFB/C : du = 00 (Off/Off), 10 (-Ex/Off), 20 (+Ey/Off), 30 (Ey-Ex/Off), : 01 (Off/-Ez), 02 (Off/-Ey), 03 (Off/Ey-Ez), : 11 (-Ex/-Ez), 12 (-Ex/+Ey), 13 (-Ex/Ey-Ez), 21 (+Ey/-Ez), 31 (Ey-Ex/-Ez). HF1/2 : du = 00 (Off/Off), 10 (+Ex/Off), 20 (-Ey/Off), 30 (Ex-Ey/Off), : 01 (Off/+Ez), 02 (Off/+Ey), 03 (Off/Ez-Ey), : 11 (+Ex/+Ez), 12 (+Ex/-Ey), 13 (+Ex/Ez-Ey), 21 (-Ey/+Ez), 31 (Ex-Ey/-Ez).
Nconfig	I2	Nombre de configurations des antennes (V1,V2) utilisées à chaque fréquence : (1) : Mode DF off (standard) ; 1 configuration utilisée : Iant12 (3) = (du),(99),(99). (2) : Mode DF 1 ; 2 configurations utilisées : Iant12 (3) = (31),(13),(99). (3) : Mode DF 2 ; 3 configurations utilisées : Iant12 (3) = (12),(21),(11).
Ncag2	I2	Nombre de mesures de CAG, voie V2, du cycle de mesure : Ncag2 = 0 (LFA), Npalcy (LFB/C, HFR).
Nauto2	I2	Nombre de mesures d'auto-corrélation, voie V2, du cycle de mesure : Nauto2 = 0 (LFA), Nfreq (LFB/C, HFR).
LoopA	I2	Boucles configurations d'antennes pour Auto-corrélations : = 0 (Auto Band OFF), Nconfig (Auto Band ON).
LoopC	I2	Boucles configurations d'antennes pour Cross-corrélations : = 0 (LFA, Cross Band OFF - LFB/C et HFR), Nconfig (Cross Band ON - LFB/C et HFR).
PalkHz	R4	Table de Nfreq fréquences (kHz) du cycle.
Palttime	R4	Table(n _i ,n _j) : Temps (s) comptés à partir du début du cycle et pris à mi-intervalle d'intégration (t _j), de n _i = Npalcy paliers de mesure et n _j = Nconfig configurations d'antennes.
Cag1	R4	Table(n _i ,n _j) : Sorties CAG (densité spectrale du signal mesuré en $\mu V^2/Hz @ PA$), voie V1, pour n _i = Npalcy paliers de mesure et n _j = Nconfig configurations d'antennes.
Cag2	R4	Table(n _i ,n _j) : Sorties CAG (densité spectrale du signal mesuré en $\mu V^2/Hz @ PA$), voie V2, pour n _i = Ncag2 paliers de mesure et n _j = Nconfig configurations d'antennes.

Auto1	R4	Table(n_i, n_j) : Auto-corrélations ($\mu V^2/Hz @ PA$), voie V1, pour $n_i = Nfreq$ fréquences mesurées et $n_j = LoopA$ configs d'antenne.
Auto2	R4	Table(n_i, n_j) : Auto-corrélation ($\mu V^2/Hz @ PA$) - voie V2, pour $n_i = Nauto2$ mesures et $n_j = LoopA$ configurations d'antennes.
CrosR	R4	Table(n_i, n_j) : Cross-corrélation ($\mu V^2/Hz @ PA$) – voies (V1,V2), partie Réelle, pour $n_i = Nfreq$ fréquences mesurées et $n_j = LoopC$ configurations d'antennes.
CrosI	R4	Table(n_i, n_j) : Cross-corrélation ($\mu V^2/Hz @ PA$) – voies (V1,V2), partie Imaginaire, pour $n_i = Nfreq$ fréquences mesurées et $n_j = LoopC$ configurations d'antennes.
LOCTET2	I4	Longueur (en octet) de l'enregistrement logique (hors LOCTET1 et LOCTET2).

4.2.1.3. Spécification des fichiers journaliers LFR et HFR

--- Le nom de ces fichiers journaliers sera codé de la manière suivante :

STx_WAV_yyy_aaaammjj.B3E, où

STx = **STA** pour STEREO-A et **STB** pour STEREO-B ;

WAV = Nom abrégé de l'expérience WAVES ;

yyy = LFR ou HFR ;

aaaammjj = Date « année/mois/jour » du fichier, et

B3E = Extension indiquant le format IEEE « big endian » du fichier.

--- Type du fichier : **Recordtype** = 'variable'.

4.2.2. Le récepteur à fréquence fixe FFR

4.2.2.1. Structure de l'enregistrement logique (FFR)

LOCTET1,	Prologue
IRAD, ITCDS, Jusecy, Iamjcy, Ihmscy, Sfract, FkHz, Msech, Npalcy, IantV3,	En-tête
(Paltim(i), i=1, Npalcy), (FFS(i), i=1, Npalcy),	Données
LOCTET2	Epilogue

4.2.2.2. Description de l'enregistrement logique (FFR)

Champ	Code	Définition
LOCTET1	I4	Longueur (octet) de l'enregistrement logique (hors LOCTET1 et LOCTET2).
IRAD	I2	Code récepteur FFR : (16) STEREO-A, (26) STEREO-B.
ITCDS	2I4	Date début du cycle au format CCSDS «CDS» définie par Jusecy et Sfract.
Jusecy	I4	Temps début du cycle de mesure en seconde julienne entière. (Le début d'un cycle est celui du 1er palier de mesure.)
Iamjcy	3I2	Date (aaaa,mm,jj) du début du cycle.
Ihmscy	3I2	Heure (hh,mm,ss) du début du cycle.
Sfract	R4	Seconde fractionnaire restante de Jusecy (ex. 0.240156).
FkHz	R4	Fréquence observée (kHz) : 30025 ou 32025 kHz.
Msech	I2	Temps d'échantillonnage (espacement entre échantillons), en ms.
Npalcy	I2	Nombre de paliers de mesure du cycle (= 16).
IantV3	I2	Configuration d'antennes, voie V3 : (0) Ex-Ey, (1) Ex-Ez, (2) Ey-Ez, (3) OFF. (Note 1)
Paltim	R4	Table(n) : Temps (s) compté à partir du début du cycle de n = Npalcy mesures du cycle.
FFS	R4	Table(n) : Densité spectrale du signal ($\mu V^2/Hz @ PA$) pour n = Npalcy mesures.
LOCTET2	I4	Longueur (octet) de l'enregistrement logique (hors LOCTET1 et LOCTET2).

Note 1 : Ces valeurs de IantV3, telles qu'elles sont programmées à bord, apparaissent incohérentes avec celles de IantV1 et IantV2 programmées pour LFR et HFR (voir ci-dessus).

4.2.2.3. Spécification du fichier journalier FFR

--- Nom du fichier : **STx_WAV_FFR_aaaammjj.B3E**, où
STx = **STA** pour STEREO-A et **STB** pour STEREO-B ;
aaaammjj = Date aaaa/mm/jj du fichier, et
B3E = Extension indiquant le format binaire IEEE « big endian » du fichier.

--- Type du fichier : **Recordtype** = 'fixed'.

4.3. Les données étalonnées et moyennées 60s (LFR et HFR)

Les données **étalonnées** (en $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ @ PA) et **moyennées 60 sec** des récepteurs LFR (LFA,LFB,LFC) et HFR (HF1,HF2), acquises dans une journée, seront mises dans les fichiers journaliers correspondants de chaque récepteur, pour les fréquences observées : en nombre constant égal à 48 (3 x 16) pour LFR (si les 3 sous-récepteurs sont tous en marche) ou variable (sous-récepteurs ON/OFF) ; et en nombre variable pour HFR (sous-récepteurs ON/OFF, changement de balayage). Le nombre de fréquences peut donc varier d'un spectre moyenné à un autre. A cet effet, on prévoit la liste de fréquences observées (ordonnées en kHz croissant) qui accompagnera chaque « spectre moyenné ». Celui-ci constituera un **enregistrement logique** du fichier journalier. On insérera les coordonnées héliocentriques écliptiques (HEE) de la sonde dans l'en-tête de chaque enregistrement.

4.3.1. Structure de l'enregistrement logique

LOCTET1,	Prologue
IRAD, ITCDS, Jusecy,Iamjcy,Ihmscy, Rua,Hlat,Hlon, Moysec, Nfreq,	En-tête
FkHz((i), i=1, Nfreq), (Flux(i), i=1, Nfreq),	Données
LOCTET2	Epilogue

4.3.2. Description de l'enregistrement logique

Champ	Code	Définition
LOCTET1	I4	Longueur (octet) de l'enregistrement logique (hors LOCTET1 et LOCTET2).
IRAD	I2	Code récepteur : (11) LFR, (14) HFR pour STEREO-A ; (21) LFR, (24) HFR pour STEREO-B.
ITCDS	2I4	Date du mi-intervalle moyennage (60 s) au format CCSDS «CDS» définie par Jusecy
Jusecy	I4	Seconde juliene du mi-intervalle moyennage (60 s).
Iamjcy	3I2	Date (aaaa,mm,jj) du mi-intervalle moyennage (60 s).
Ihmscy	3I2	Heure (hh,mm,ss) du mi-intervalle moyennage (60 s).
Rua	R4	Distance héliocentrique (UA) de la sonde STEREO.
Hlat	R4	Latitude héliocentrique écliptique (°) de la sonde, + vers N.
Hlon	R4	Longitude héliocentrique écliptique (°) de la sonde par rapport à la Terre, + vers W.
Moysec	I2	Durée du moyennage (s).
Nfreq	I2	Nombre de fréquences observées.
FkHz	R4	Table de Nfreq fréquences observées (kHz) en ordre croissant.
Flux	R4	Intensité (en $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ @ PA) de Nfreq fréquences observées (kHz).
LOCTET2	I4	Longueur (octet) de l'enregistrement logique (hors LOCTET1 et LOCTET2).

4.3.3. Spécification des fichiers journaliers moyennés 60s

--- Nom du fichier : **STx_WAV_yyy_60s_aaaammjj.B3E**, où
STx = STA pour STEREO-A, STB pour STEREO-B ;
yyy = LFR ou HFR ;
aaaammjj = Date aaaa/mm/jj du fichier ;
B3E = Extension indiquant le format IEEE «big endian» du fichier.

--- Type du fichier : **Recordtype** = 'variable'.

4.4. Les spectres dynamiques (SPD)

On produira, sur le même tracé pour les 2 sondes STEREO-A et STEREO-B, les spectres dynamiques représentant les flux radio observés par l'ensemble des récepteurs LFR et HFR dans la gamme totale des fréquences observées de 2.5 à 16025 kHz (fichiers **postscript**). Les intervalles de temps couverts par ces tracés seront 1 jour (tracé journalier), 7 jours et 27 jours (rotation Carrington). On déterminera à **chaque fréquence** le bruit de fond défini comme le niveau de 1% des intensités les plus faibles trouvées dans l'intervalle de temps considéré - 1 jour, 7 jours ou 27 jours. Sur les tracés en échelle logarithmique, les intensités seront représentées en unités de dB au-dessus du bruit de fond = $10 * \text{Log}_{10}$ (intensité totale/intensité du fond). On y affichera les coordonnées héliocentriques écliptiques (HEE) des 2 sondes en début et en fin de l'intervalle de temps tracé.

Nomenclature des fichiers graphiques SPD : STR_WAV_SPD_xxJ_aaaammjj.PS où
STR représente l'ensemble des sondes STEREO-A et STEREO-B, le champ « **aaaammjj** » est la date aaaa/mm/jj début de l'intervalle de temps tracé, **xxJ** sa durée (**01J** = 1 jour, **07J** = 7 jours, **27J** = 27 jours), et l'extension « **.PS** » indique le format postscript du fichier.

5. ARCHIVAGE DES DONNEES STATUS et ORBITE / ATTITUDE

Les données **STATUS** (historique des configurations expérimentales exécutées) et **ORBITE / ATTITUDE** (position de la sonde et orientation de ses axes de référence) seront définies ultérieurement (fichiers ASCII).

6. ARCHIVAGE DES DONNEES DE NIVEAU 3

Les mesures de **GonioPolarimétrie** (donnant la direction, l'intensité et la polarisation des émissions radio observées) acquises dans 1 journée, dans toute la gamme de fréquences couverte par l'ensemble des sous-récepteurs LFR et HFR (ou dans une liste de fréquences sélectionnées, à définir) seront mises dans un fichier journalier à raison d'un **enregistrement logique** par mesure goniopolarimétrique et par fréquence. On pourra aussi envisager des fichiers de mesures goniopolarimétriques **moyennés** en temps et/ou en fréquence. La structure et le format de ces fichiers seront définis ultérieurement.

7. REFERENCES

1. STEREO Science Operations Plan, JHU/APL, Version 0.3, 29 September 2004.
2. STEREO/WAVES TMLib User Guide, J. Lynch, J. Silvis, K. Goetz, University of Minnesota, Version 10 February 2006.

3. SWAVES Deployed Antennas, Drawing Swaves-ICD, Space Science Laboratory, University of California, Berkeley, 28 January 2003.
4. STEREO/WAVES Command API, Liam Friel, Moustapha Dekkali, Stéphane Davy, Version 1.03, 2 November 2004.
5. SWAVES flight software, Filters & Integration time parameters, V2.15, 5 March 2004.
6. Archivage des données radio STEREO/SWAVES au CDPP : Compte-Rendu de la réunion du 1 Décembre 2005 au LESIA, Rémy Aubron, CNES/DCT/PS/VDO/2005.0857.
7. Archives STEREO et WIND/Radio : changement codage datation CCSDS « CDS », Courriel du 12 Sep 2006 de Rémy Aubron, CNES/CDPP.