

Livraison des données S300/UBF des satellites GEOS

Ainsi que des données du magnétomètre,
positions et données auxiliaires

Patrick Robert, ScientiDev,

15/10/2018 - 14/05/2019

Table des matières

1. Sauvegarde, décommutation, calibration.....	5
A) Décommutation des données brutes UBF.....	5
1. Données UBF de style WaveForm level 1 (WFL1).....	5
2. Données UBF de style VecTime Level 1 (VTL1).....	6
B) Forme d'ondes UBF calibrées, format VTL2.....	7
C) Données du magnétomètre.....	8
D) Données de position et données auxiliaires.....	9
2. Validation des données.....	10
A) Vérification de l'interpolation des angles d'Euler dans les VTL1.....	10
B) Spectrogrammes à partir des formes d'ondes calibrées VTL2.....	11
1. GEOS-1 / 31 mai 1977.....	12
2. GEOS-1 / 13 juillet 1979.....	13
3. GEOS-1 / 26 septembre 1977.....	14
4. GEOS-1 / 2 Janvier 1978.....	15
5. GEOS-2 / 01-12-1978.....	16
6. GEOS-2 / 4-03-1979.....	17
7. GEOS-2 / 16-05-1979.....	18
8. GEOS-2 / 21-08-1979.....	19
C) Comparaison avec le magnétomètre.....	20
1. GEOS-1 / 31 mai 1977.....	21
2. GEOS-1 / 13 juillet 1977.....	22
3. GEOS-2 / 1er décembre 1978.....	23
4. GEOS-2 / 16 mai 1979.....	24
3. Annexes.....	25
A) Exemple de fichier UBF WFL1.rff.....	26
B) Exemple de fichier UBF VTL1.rff.....	29
C) Exemple de fichier UBF VTL2.rff.....	31
D) Exemple de fichier MAG VTL2.rff.....	33
E) Exemple de fichier POS VTL2.rff.....	35
F) Rappel de la définition du repère VDH.....	38
G) Définition du repère SRV.....	38
H) Définition des angles d'Euler et matrices de passage VDH-SRV.....	39
1. Définition des angles d'Euler.....	39
2. Matrices de rotation.....	39
3. Passage des données UBF calibrées en repère tournant au repère SRV.....	40
4. Passage des données du magnétomètre au repère SRV.....	40
4. Références.....	41

Livraison des données S300/UBF des satellites GEOS

Ainsi que des données du magnétomètre, positions et données auxiliaires

Patrick Robert, *ScientiDev*, 15/10/2018 - 20/03/2019

1. Sauvegarde, décommutation, calibration

A) Décommutation des données brutes UBF

Le programme de lecture et décommutation des fichiers binaires CDC 60 bits archivés au CNES a été porté sous Linux, avec l'aide du document de référence de l'ESOC JA/JA/11 [1]. L'exploitation a été faite sous Linux avec l'écriture de scripts shell automatisant toutes les procédures. L'exploitation est terminée, et les fichiers ont été livrés au CDPP. Les données se présentent sous les deux formes décrites ci-après.

1. Données UBF de style WaveForm level 1 (WFL1)

Les données de style WaveForm level 1 (coup de télémesure) ont été produits en ASCII au format WFL1.rff comme celui utilisé pour les données de CLUSTER/STAFF-SC. Le format WFL1.rff est décrit dans le document [2]. Un exemple de ce type de fichier est donné en annexe 1. C'est un format très simple constitué d'une partie méta-data décrivant les données, et d'une partie données elles-mêmes selon la forme ci-dessous:

```
START INDEXED_DATA
1977-12-08T00:18:33.732Z 0 021531420 0.1633548 168.38 167.87 150.12 p 342.30
112 127 100 25 25 125 164 205
112 127 99 25 25 125 168 202
113 127 98 25 25 125 170 202
113 127 98 25 25 125 173 200
... 128 lignes dans le bloc daté ...

63 121 118 25 25 125 93 212
63 121 118 25 25 125 94 213
64 123 117 25 25 125 99 214
65 126 117 25 25 125 104 214
1977-12-08T00:18:39.236Z 0 021531424 0.1633548 152.78 167.88 150.11 p 357.88
65 128 117 125 125 125 108 215
64 129 116 125 125 125 112 216
64 130 116 125 125 125 114 216
... 128 lignes dans le bloc daté ...

93 116 126 125 125 125 52 184
91 116 125 125 125 125 55 187
1977-12-08T00:18:44.740Z 0 021531428 0.1633548 116.52 167.89 150.11 p 34.14
89 116 124 125 125 125 58 190
87 117 124 125 125 125 61 194
84 117 124 125 125 125 65 196

etc....

END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

Les données sont fournies par bloc daté de 128 valeurs. L'en-tête de bloc est constitué de la date ISO (précision 1 ms), d'un warning (0 si pas de problèmes), du numéro de Low Speed format (durée: 1.37601 s), de la fréquence de spin, des 3 angles d'Euler, du sens de rotation du satellite (électron ou proton) et du "spin phase" permettant le passage en repère fixe. Ces informations sont documentées dans les méta-data comme on peut le voir dans l'annexe 1, dans le champ INDEX_EXTENSION_DESCRIP :

```
PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP (TXT): {  
The extension of the index field is used to add some auxiliary data  
varying with the same rate as the index itself.  
The index extension field must contain only a limited series of scalar  
data; label, type and units can be different, but in accordance with the  
given format.  
Here, extended index contains 9 more words : anomalie, Low Speed Format,  
Spin frequency, Euler angles, spin phase angle in S/C system and S/C sens  
of rotation (electron or proton), all according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.}
```

Les données elles-mêmes sont constituées:

- des 3 valeurs Bx, By, Bz
- des 3 gains adaptatifs Gx, Gy, Gz de valeur 5, 25 ou 125
- des 2 valeurs des signaux "despin" Dx, Dy qui correspondent à la rotation du champ magnétique continu et qui sont retirées analogiquement du signal brut avant numérisation [2].

Notons que la conversion en Volt se fait par les formules:

$$Bx(V) = -(Bx * 5.1 / 255. - 2.5) / Gx \quad \text{et} \quad Dx(V) = (Dx * 5.1 / 255. - 2.5) / 10.$$

Ce type de fichier correspond à l'image en ASCII des données décommutées. Néanmoins elles ne sont pas pratiques pour une utilisation scientifique car la datation est faite par bloc de 128 vecteurs, mais elles doivent être conservées car elles sont l'image de la télémessure sans aucun traitement.

2. Données UBF de style VecTime Level 1 (VTL1)

Les fichiers WFL1 ont été passés en fichier de type "VecTime Level 1" (VTL1.rff, [2]). Dans ce format le temps de chaque vecteur est recalculé à partir des en-têtes de bloc, et chaque vecteur est daté. Le temps, comme les angles d'Euler et le spin phase ont été interpolés entre chaque en-tête de bloc. Un exemple de ce type de fichier est donné en annexe 2. La partie relative aux données est de la forme ci-dessous:

```
START INDEXED_DATA  
1978-01-01T00:00:10.502Z,0 023037584 0.1627895 99.43 170.25 337.22 p 1, 238.09, 184 149 127 125 125 125 209 32  
1978-01-01T00:00:10.545Z,0 23037588 0.1627895 101.95 170.25 337.22 p 0, 238.38, 185 149 128 125 125 125 204 28  
1978-01-01T00:00:10.588Z,0 23037588 0.1627895 104.47 170.25 337.22 p 0, 238.68, 187 147 128 125 125 125 201 25  
1978-01-01T00:00:10.631Z,0 23037588 0.1627895 106.98 170.25 337.22 p 0, 238.97, 189 147 128 125 125 125 197 22  
1978-01-01T00:00:10.674Z,0 23037588 0.1627895 109.50 170.25 337.22 p 0, 239.27, 189 146 129 125 125 125 192 19  
...  
1978-01-01T01:28:28.347Z,0 23041436 0.1627895 246.25 163.35 327.14 p 0, 273.25, 105 119 128 125 125 125 40 165  
1978-01-01T01:28:28.390Z,0 23041436 0.1627895 248.77 163.35 327.14 p 0, 273.54, 103 118 127 125 125 125 42 169  
1978-01-01T01:28:28.433Z,0 23041436 0.1627895 251.29 163.35 327.14 p 0, 273.83, 101 118 126 125 125 125 43 171  
1978-01-01T01:28:28.476Z,0 23041436 0.1627895 253.81 163.35 327.14 p 0, 274.13, 98 119 126 125 125 125 45 175  
1978-01-01T01:28:28.519Z,0 23041436 0.1627895 256.33 163.35 327.14 p 0, 274.42, 95 120 127 125 125 125 47 179  
1978-01-01T01:28:28.562Z,0 23041436 0.1627895 258.85 163.35 327.14 p 0, 274.71, 93 119 127 125 125 125 50 183  
1978-01-01T01:28:28.605Z,0 23041436 0.1627895 261.37 163.35 327.14 p 0, 275.00, 92 119 127 125 125 125 53 186  
1978-01-01T01:28:28.648Z,0 23041436 0.1627895 263.89 163.35 327.14 p 0, 275.29, 92 120 128 125 125 125 54 188  
...  
1978-01-01T23:59:55.762Z,2 23100360 0.1627895 133.24 169.97 336.24 p 0, 226.71, 171 147 126 125 125 125 219 50  
1978-01-01T23:59:55.805Z,2 23100360 0.1627895 135.76 169.97 336.24 p 0, 227.00, 173 147 127 125 125 125 216 46  
1978-01-01T23:59:55.848Z,2 23100360 0.1627895 138.28 169.97 336.24 p 0, 227.29, 173 146 126 125 125 125 214 43  
1978-01-01T23:59:55.891Z,2 23100360 0.1627895 140.80 169.97 336.24 p 0, 227.58, 175 145 126 125 125 125 210 39  
1978-01-01T23:59:55.934Z,2 23100360 0.1627895 143.32 169.97 336.24 p 0, 227.88, 177 143 126 125 125 125 206 35  
END INDEXED_DATA  
END DATA  
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

On peut repérer les vecteurs qui sont interpolés au moyen du numéro de LSF qui ne varie pas à l'intérieur d'un bloc initial de 128 valeurs, ainsi qu'une valeur valant 0 ou 1 (0=interpolé) en huitième position de

l'index étendu. Le premier vecteur correspondant à un changement de numéro de LSF signifie que son temps est le temps d'origine du premier bloc, et donc qu'il n'est pas interpolé (status=1).

L'index étendu, juste après l'index correspondant à la date ISO, contient en outre les renseignements suivants, comme dans les WFL1 :

- Anomalie (0-3), Low Speed Format, fréquence de spin (Hz), angles d'Euler (E1, E2, E3 en degrés), sens de rotation du satellite(électron ou proton), status indiquant si le bloc est interpolé ou non (0=interpolé) et le spin phase (degrés) dans le repère satellite.

La production des WFL1 et des VTL1 pour GEOS-1 et 2 représente un volume total de **85 Go** pour les WFL1, tandis que le volume des VTL1 est de **286 Go**. Compressés en .tar.gz ces chiffres sont réduits respectivement à **14** et **47 Go**.

Bien que les VTL1 sont beaucoup plus gros à cause de la datation de chaque bloc, ces derniers sont plus commodes à manipuler pour un usage scientifique.

B) Forme d'ondes UBF calibrées, format VTL2

Le programme de calibration continue des formes d'ondes mis au point pour les données CLUSTER/STAFF-SC a été adapté aux données GEOS/S300. Ce programme traite les fichiers VTL1.rff et produit les VTL2.rff, c'est à dire des vecteurs datés en nT. La partie relative aux données est de la forme ci-dessous:

```
START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:00:32.475Z,0 23037600 0.1627895 305.09 170.21 337.14 p 0, 29.54, 0.578000E-01, 0.248323E+00,-0.520246E-01,-0.112282E+03, 0.292211E+02
1978-01-01T00:00:32.518Z,0 023037600 0.1627895 307.60 170.21 337.14 p 1, 29.84, 0.522419E-01, 0.243321E+00,-0.429018E-01,-0.112282E+03, 0.292211E+02
1978-01-01T00:00:32.561Z,0 23037604 0.1627895 310.12 170.21 337.14 p 0, 30.13, 0.403353E-01, 0.227445E+00,-0.853384E-01,-0.112281E+03, 0.292210E+02
1978-01-01T00:00:32.604Z,0 23037604 0.1627895 312.64 170.21 337.14 p 0, 30.42, 0.259029E-01, 0.224123E+00,-0.640340E-01,-0.112281E+03, 0.292210E+02
1978-01-01T00:00:32.647Z,0 23037604 0.1627895 315.16 170.21 337.14 p 0, 30.72, 0.172457E-01, 0.242786E+00,-0.818443E-01,-0.112272E+03, 0.292422E+02
1978-01-01T00:00:32.690Z,0 23037604 0.1627895 317.68 170.21 337.14 p 0, 31.01, 0.120801E-01, 0.229722E+00,-0.814775E-01,-0.112272E+03, 0.292422E+02
1978-01-01T00:00:32.733Z,0 23037604 0.1627895 320.20 170.21 337.14 p 0, 31.30, 0.815881E-02, 0.220526E+00,-0.898626E-01,-0.112271E+03, 0.292381E+02
1978-01-01T00:00:32.776Z,0 23037604 0.1627895 322.72 170.21 337.14 p 0, 31.59,-0.956997E-03, 0.207974E+00,-0.789619E-01,-0.112271E+03, 0.292381E+02
...
1978-01-01T23:59:33.703Z,2 23100348 0.1627895 243.09 170.00 336.30 p 0, 76.66, 0.112816E+00,-0.178660E+00, 0.734143E-01,-0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.746Z,2 23100348 0.1627895 245.61 170.00 336.30 p 0, 76.95, 0.110196E+00,-0.160929E+00, 0.847290E-01,-0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.789Z,2 23100348 0.1627895 248.13 170.00 336.30 p 0, 77.24, 0.116339E+00,-0.153531E+00, 0.875322E-01,-0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.832Z,2 23100348 0.1627895 250.65 170.00 336.30 p 0, 77.53, 0.991099E-01,-0.145779E+00, 0.882401E-01,-0.111006E+03, 0.135371E+02
1978-01-01T23:59:33.875Z,2 23100348 0.1627895 253.17 170.00 336.30 p 0, 77.83, 0.102181E+00,-0.139978E+00, 0.987315E-01,-0.111006E+03, 0.135371E+02
1978-01-01T23:59:33.918Z,2 23100348 0.1627895 255.69 170.00 336.30 p 0, 78.12, 0.779202E-01,-0.137645E+00, 0.722599E-01,-0.111004E+03, 0.135370E+02
1978-01-01T23:59:33.961Z,2 023100348 0.1627895 258.21 170.00 336.30 p 1, 78.41, 0.826204E-01,-0.141941E+00, 0.473301E-01,-0.111004E+03, 0.135370E+02
END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

L'index étendu, juste après l'index correspondant à la date ISO, contient les mêmes renseignements que les VTL1. Les données elles-mêmes sont décrites par les MANDATORY_PARAMETERS suivant:

PAR DATA_LABEL	(STR): Bx ; By ; Bz ; Dx ; Dy
PAR DATA_TYPE	(STR): FLT
PAR DATA_UNITS	(STR): nT ; nT ; nT ; nT ; nT
PAR DATA_FORMAT	(STR): (E13.6,1x,E13.6,1x,E13.6,1x,E13.6,1x,E13.6)
PAR DATA_FORM	(STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION	(INT): 5
PAR DATA_REPRESENTATION	(STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM	(STR): SRV
PAR DATA_FILL_VALUE	(STR): -0.1000E+31

Le repère SRV dans lequel les données sont produites est appelé ainsi par rapport au repère SR2 de CLUSTER, appelé "Spin Reference 2". Dans le repère SRV l'axe Z est aligné avec l'axe de spin, tandis que X est dans le plan du méridien géographique (H,V) du repère VDH (voir annexe).

Lorsque l'axe de spin est proche de H (comme pour GEOS-2), alors X est proche de V. Ce repère correspond aussi au repère satellite fixe, avec X dans une direction constante.

Il est déduit du repère satellite tournant SR par une rotation d'angle E1 (premier angle d'Euler). C'est donc un repère fixe à l'échelle du temps de rotation, et qui ne mélange pas les composantes tournantes X et Y de la composante fixe Z (axe de spin).

C) Données du magnétomètre

Ces données ont été également décommutées à partir des fichiers binaires CDC 60 bits. Pour GEOS-1 elles sont fournies avec une résolution temporelle de 64 LSF soit **88,064** secondes. Pour GEOS-2, la résolution est meilleure, soit 16 LSF et **22,016** secondes.

Elles sont fournies sous la forme de fichiers RFF de type VTL2. Un exemple du champ data est donné ci-dessous pour GEOS-2

```
START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:01:16.551Z,0 023037632 0.1627895 8.10 170.14 336.99 p, 329.20, -91.7 8.0 239.5
1978-01-01T00:02:44.616Z,0 023037696 0.1627895 128.89 170.01 336.70 p, 208.13, -89.0 4.7 238.3
1978-01-01T00:04:12.681Z,0 023037760 0.1627895 249.80 169.87 336.40 p, 86.93, -91.7 7.9 236.2
1978-01-01T00:05:40.746Z,0 023037824 0.1627895 10.59 169.73 336.12 p, 325.87, -90.8 8.7 231.7
1978-01-01T00:07:08.812Z,0 023037888 0.1627895 131.57 169.60 335.84 p, 204.62, -86.6 6.1 233.0
1978-01-01T00:08:36.877Z,0 023037952 0.1627895 252.39 169.47 335.56 p, 83.53, -89.1 9.4 230.9
1978-01-01T00:10:04.942Z,0 023038016 0.1627895 13.30 169.34 335.29 p, 322.37, -86.5 10.0 228.9
...
1978-01-01T23:50:51.074Z,2 023099968 0.1627895 215.84 170.82 338.39 p, 122.80, -97.0 19.1 241.3
1978-01-01T23:52:19.139Z,2 023100032 0.1627895 336.64 170.68 338.00 p, 1.62, -94.5 23.5 239.1
1978-01-01T23:53:47.204Z,2 023100096 0.1627895 97.33 170.54 337.63 p, 240.57, -94.1 21.1 238.6
1978-01-01T23:55:15.269Z,2 023100160 0.1627895 218.19 170.40 337.28 p, 119.38, -95.8 22.2 236.9
1978-01-01T23:56:43.334Z,2 023100224 0.1627895 339.06 170.26 336.93 p, 358.17, -92.7 25.9 234.1
1978-01-01T23:58:11.400Z,2 023100288 0.1627895 99.94 170.13 336.60 p, 236.97, -92.1 22.9 232.9
1978-01-01T23:59:39.465Z,2 023100352 0.1627895 220.76 169.99 336.28 p, 115.84, -93.8 26.7 231.4
END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

L'index étendu contient les mêmes renseignements que les VTL1 et VTL2 UBF. Les données elles-mêmes sont décrites par les MANDATORY_PARAMETERS suivant:

PAR DATA_LABEL	(STR): Bx ; By ; Bz
PAR DATA_TYPE	(STR): FLT
PAR DATA_UNITS	(STR): nT ; nT ; nT
PAR DATA_FORMAT	(STR): (3F7.1)
PAR DATA_FORM	(STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION	(INT): 3
PAR DATA_REPRESENTATION	(STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM	(STR): VDH
PAR DATA_FILL_VALUE	(INT): 0

D) Données de position et données auxiliaires

Comme pour les données du magnétomètre, ces données sont fournies sous la forme de fichiers RFF de type VTL2. Un exemple du champ data est donné ci-dessous.

```
START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:01:16.551Z, 23037632 0.00 2.25 -0.0668 -0.1573 -0.9851 -0.6644 0.7344 -0.1376 333, 48.35, 23.53 52.90 36420.
1978-01-01T00:02:44.616Z, 23037696 0.00 2.26 -0.0685 -0.1591 -0.9847 -0.6608 0.7374 -0.1386 333, 48.63, 23.59 52.84 36560.
1978-01-01T00:04:12.681Z, 23037760 0.00 2.26 -0.0703 -0.1609 -0.9843 -0.6573 0.7404 -0.1396 333, 48.90, 23.64 52.79 36700.
1978-01-01T00:05:40.746Z, 23037824 0.00 2.26 -0.0720 -0.1627 -0.9839 -0.6538 0.7433 -0.1405 333, 49.16, 23.70 52.73 36840.
1978-01-01T00:07:08.812Z, 23037888 0.00 2.25 -0.0738 -0.1644 -0.9834 -0.6503 0.7462 -0.1415 333, 49.42, 23.75 52.66 36980.
1978-01-01T00:08:36.877Z, 23037952 0.00 2.24 -0.0755 -0.1662 -0.9830 -0.6469 0.7490 -0.1424 333, 49.68, 23.81 52.60 37120.
...
1978-01-01T23:47:54.944Z, 23099840 0.00 2.84 -0.0548 -0.1443 -0.9878 -0.7015 0.7015 -0.1244 312, 45.44, 23.15 53.26 35390.
1978-01-01T23:49:23.009Z, 23099904 0.00 2.79 -0.0567 -0.1462 -0.9874 -0.6980 0.7048 -0.1251 312, 45.72, 23.22 53.21 35540.
1978-01-01T23:50:51.074Z, 23099968 0.00 2.74 -0.0586 -0.1481 -0.9871 -0.6946 0.7081 -0.1258 312, 45.99, 23.28 53.16 35690.
1978-01-01T23:52:19.139Z, 23100032 0.00 2.69 -0.0605 -0.1499 -0.9867 -0.6912 0.7113 -0.1266 312, 46.27, 23.35 53.11 35840.
1978-01-01T23:53:47.204Z, 23100096 0.00 2.65 -0.0624 -0.1517 -0.9863 -0.6877 0.7145 -0.1273 312, 46.54, 23.42 53.05 35980.
1978-01-01T23:55:15.269Z, 23100160 0.00 2.60 -0.0643 -0.1535 -0.9859 -0.6843 0.7176 -0.1281 312, 46.80, 23.48 52.99 36130.
1978-01-01T23:56:43.334Z, 23100224 0.00 2.56 -0.0661 -0.1553 -0.9855 -0.6810 0.7207 -0.1289 312, 47.07, 23.54 52.93 36280.
1978-01-01T23:58:11.400Z, 23100288 0.00 2.51 -0.0679 -0.1571 -0.9851 -0.6776 0.7237 -0.1297 312, 47.33, 23.61 52.87 36420.
1978-01-01T23:59:39.465Z, 23100352 0.00 2.47 -0.0698 -0.1589 -0.9846 -0.6742 0.7267 -0.1305 312, 47.60, 23.67 52.81 36560.
END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

Le contenu de l'index étendu est décrit par les MANDATORY_PARAMETERS suivant:

```
PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP (TXT): {
The extension of the index field is used to add some auxiliary data
varying with the same rate as the index itself.
The index extension field must contain only a limited series of scalar
data; label, type and units can be different, but in accordance with the
given format.
Here 10 more words are added to the time index:

-Low Speed Format, right ascension and declination of the spin axis in S/C system,
-Cartesian coordinates of the spin axis SpinX, SpinY, SpinZ in VDH,
-Cartesian coordinates of the sun direction from Earth center in VDH,
-Angle (Earth-Spacecraft, Earth-Sun direction). All angles in degrees.

Reference: specification of experimenters' tapes, ESA JA/JA/11 1976-12-28.
All data according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.}
```

Les données sont décrites par les MANDATORY_PARAMETERS suivant:

```
PAR DATA_LABEL (STR): Latitude ; Longitude ; Distance
PAR DATA_TYPE (STR): FLT
PAR DATA_UNITS (STR): degree ; degree ; km
PAR DATA_FORMAT (STR): (f7.2,f8.2,f7.0)
PAR DATA_FORM (STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION (INT): 3
PAR DATA_REPRESENTATION (STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM (STR): GEO (Geocentric equatorial coord)
PAR DATA_FILL_VALUE (INT): 0.
```

2. Validation des données

A) Vérification de l'interpolation des angles d'Euler dans les VTL1

La figure 1 ci-dessous représente le tracé de la fréquence de spin et des angles d'Euler issus des VTL1.rff, et donc des angles interpolés entre les blocs des WFL1, pour toute la durée de vie de chacun des deux satellites. Avant de fournir ces figures compressées en temps, un zoom sur différentes parties a été fait afin de s'assurer que les angles d'Euler varient bien continûment, en particulier au moment des passages à zéro et à 360, qui nécessitent une attention particulière pour l'interpolation autour de ces valeurs, notamment pour le premier angle qui varie vite à l'échelle de la période de spin, alors que les deux autres varient lentement.

Sur les figures du bas, on peut remarquer que le deuxième angle d'Euler, qui représente l'angle entre l'axe de spin et le vecteur H du VDH, est proche soit de zéro soit de 180°, qui correspond au sens de rotation du satellite (électron ou proton). En effet, plusieurs fois durant leur durée de vie, les satellites ont été renversés "tête en bas" ou "tête en haut".

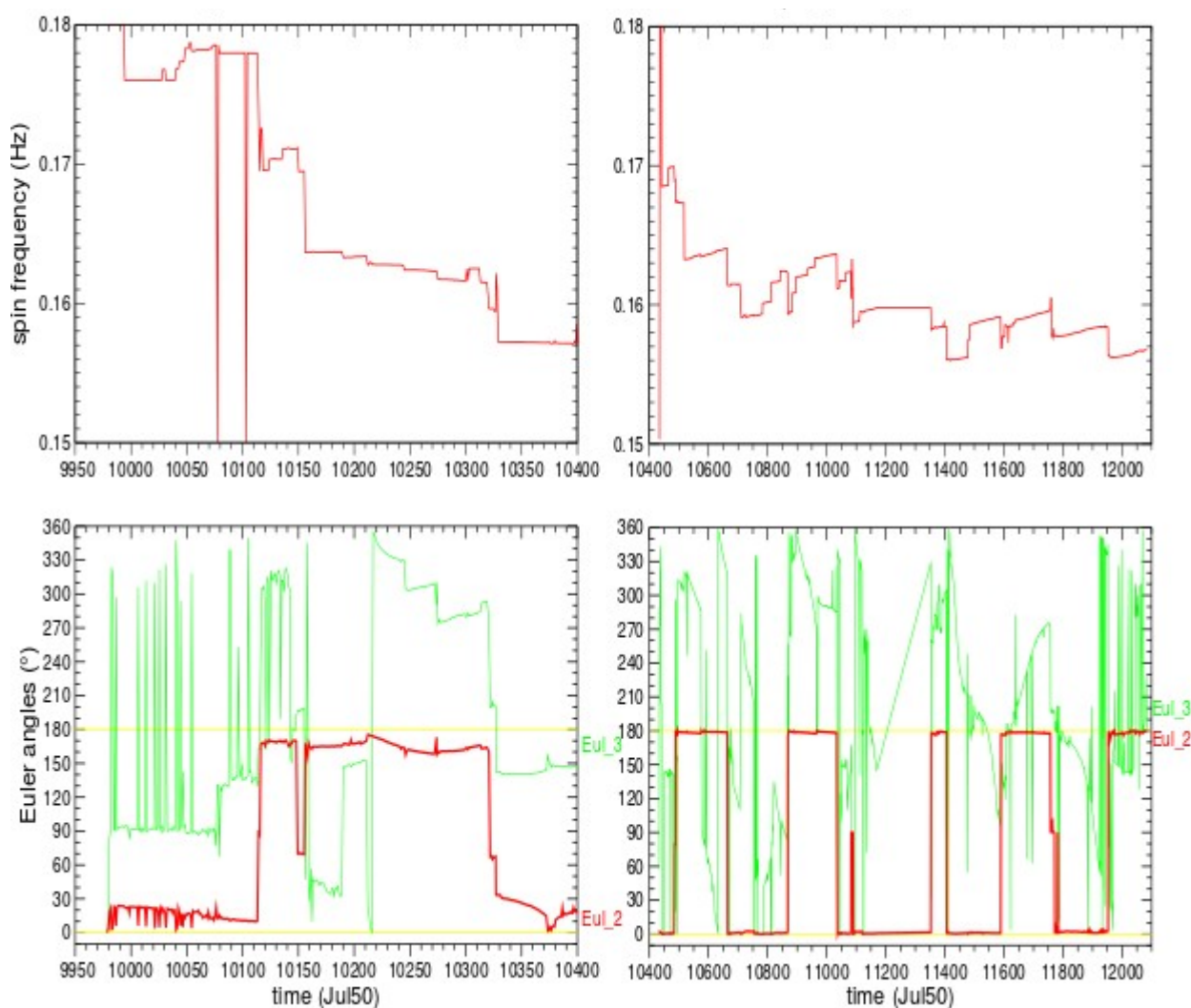


Figure 1 : Variation de la fréquence de spin et des angles d'Euler sur GEOS-1 et GEOS-2

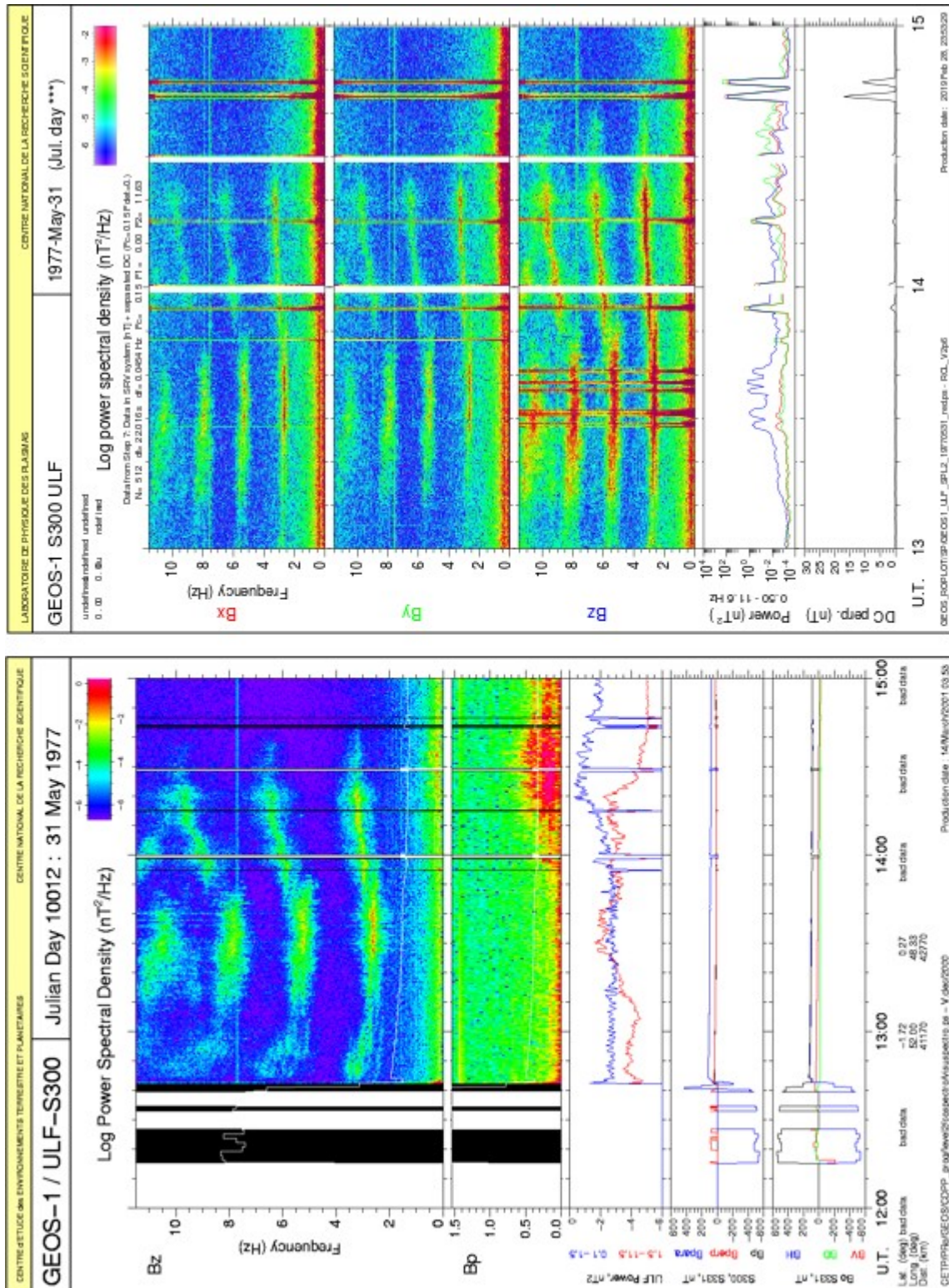
B) Spectrogrammes à partir des formes d'ondes calibrées VTL2

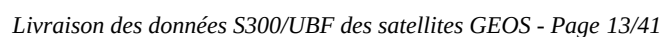
Les spectrogrammes des formes d'ondes calibrées ont été produits grâce au logiciel RCL [3]. Ils sont comparés ici avec les spectrogrammes fait lors du dépouillement initial, lui-même fait à partir des données VTL1 auxquelles la fonction de transfert a été appliquée dans l'espace des fréquences. Ces spectrogrammes sont disponibles sur le site de *ScientiDev* (<http://www.scientidev.fr/>) à l'adresse suivante:

http://www.scientidev.fr/C5L1_BD_GEO.php?arg=fr

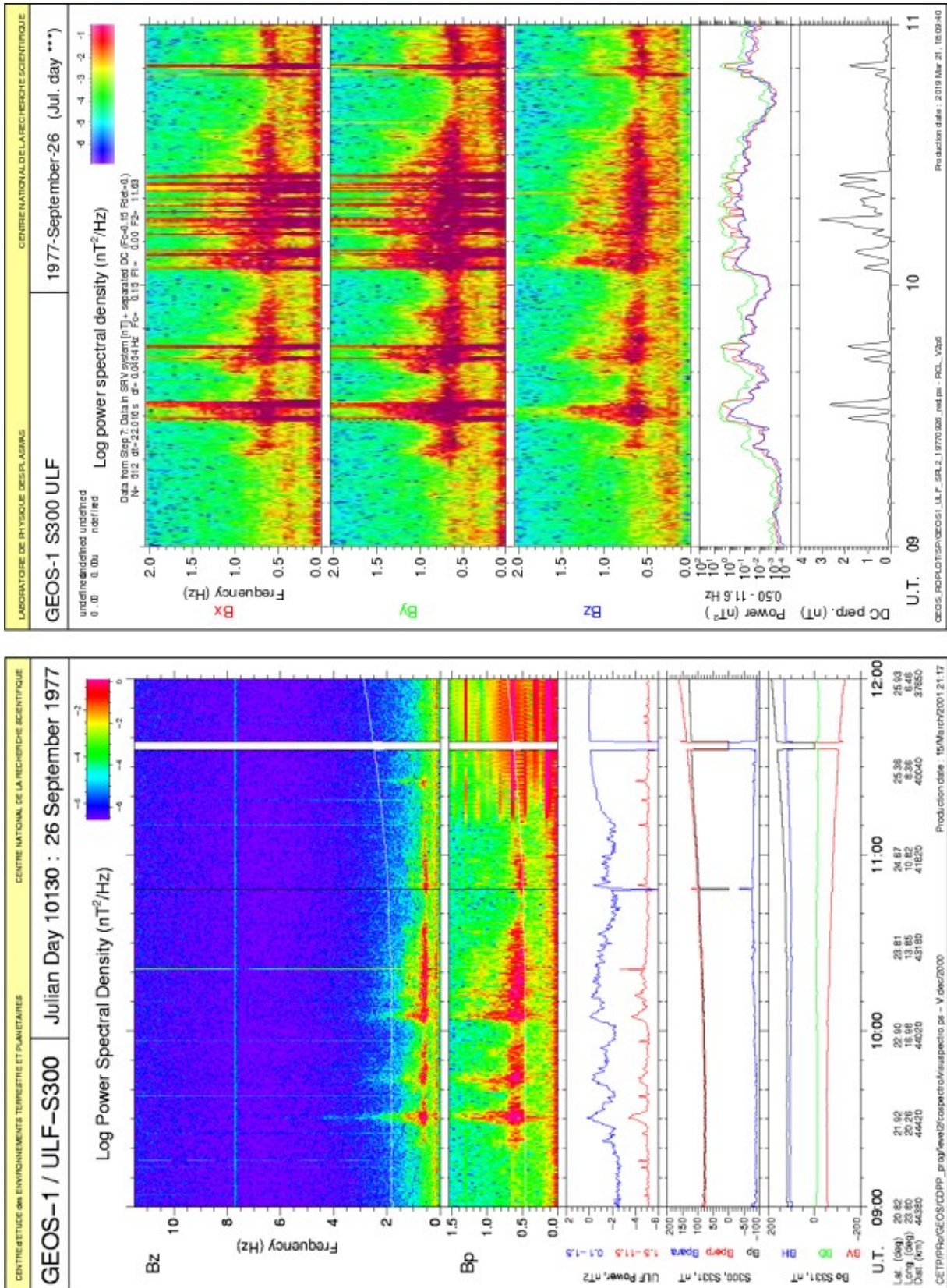
Pour la validation, 4 cas de GEOS-1 et 4 autres de GEOS-2 ont été examinés (figures GEOS -1 et GEOS-2 suivantes). Dans tous les cas les événements sont retrouvés, au bon temps et avec les bonnes amplitudes, avec les mêmes trous de données, bien que la calibration des formes d'ondes "élargissent" un peu les trous de données, dans la mesure où elle consiste à calibrer une fenêtre glissante de VTL1.

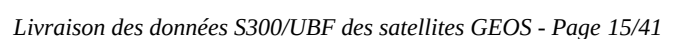
1. GEOS-1 / 31 mai 1977



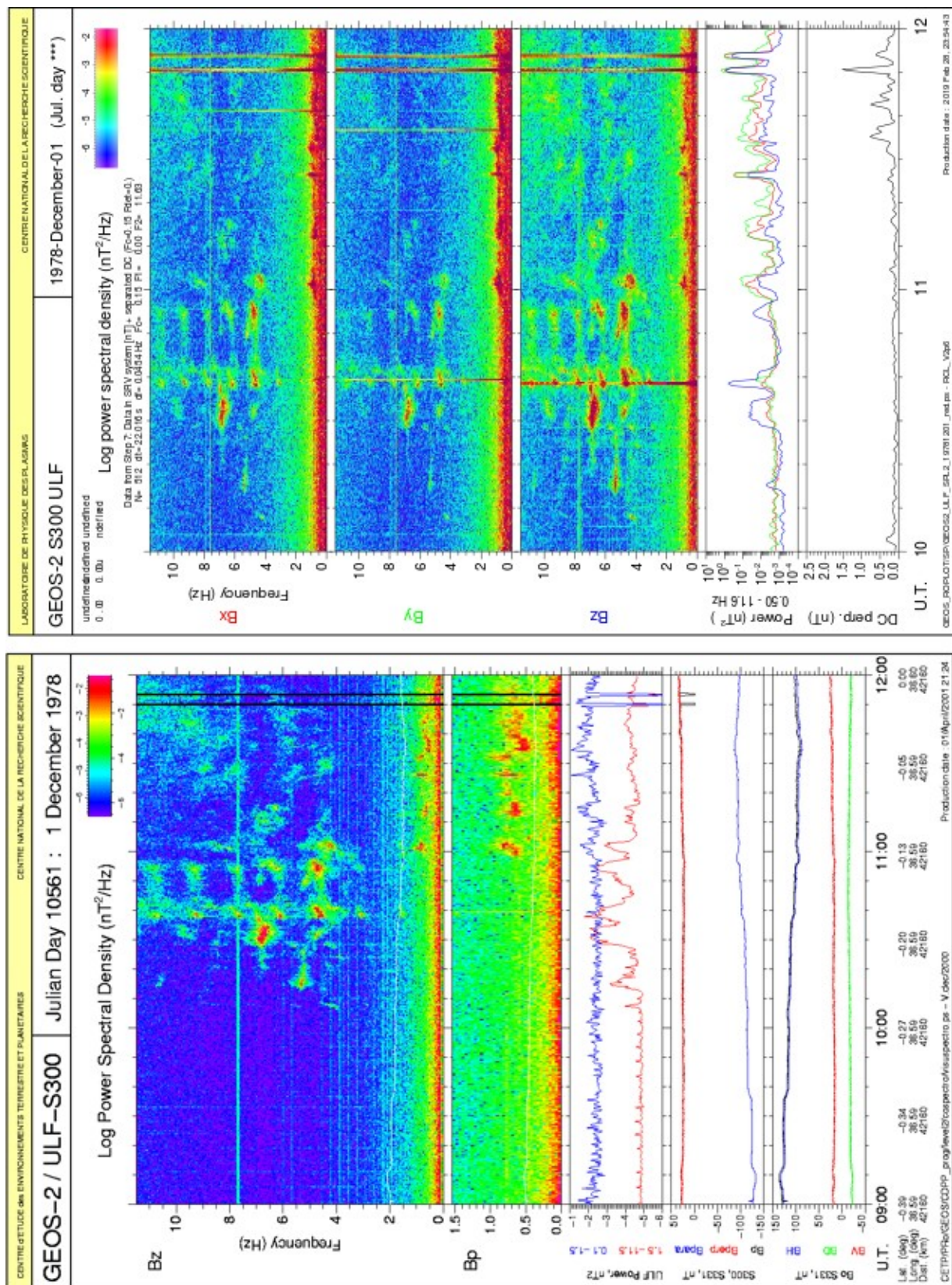


3. GEOS-1 / 26 septembre 1977

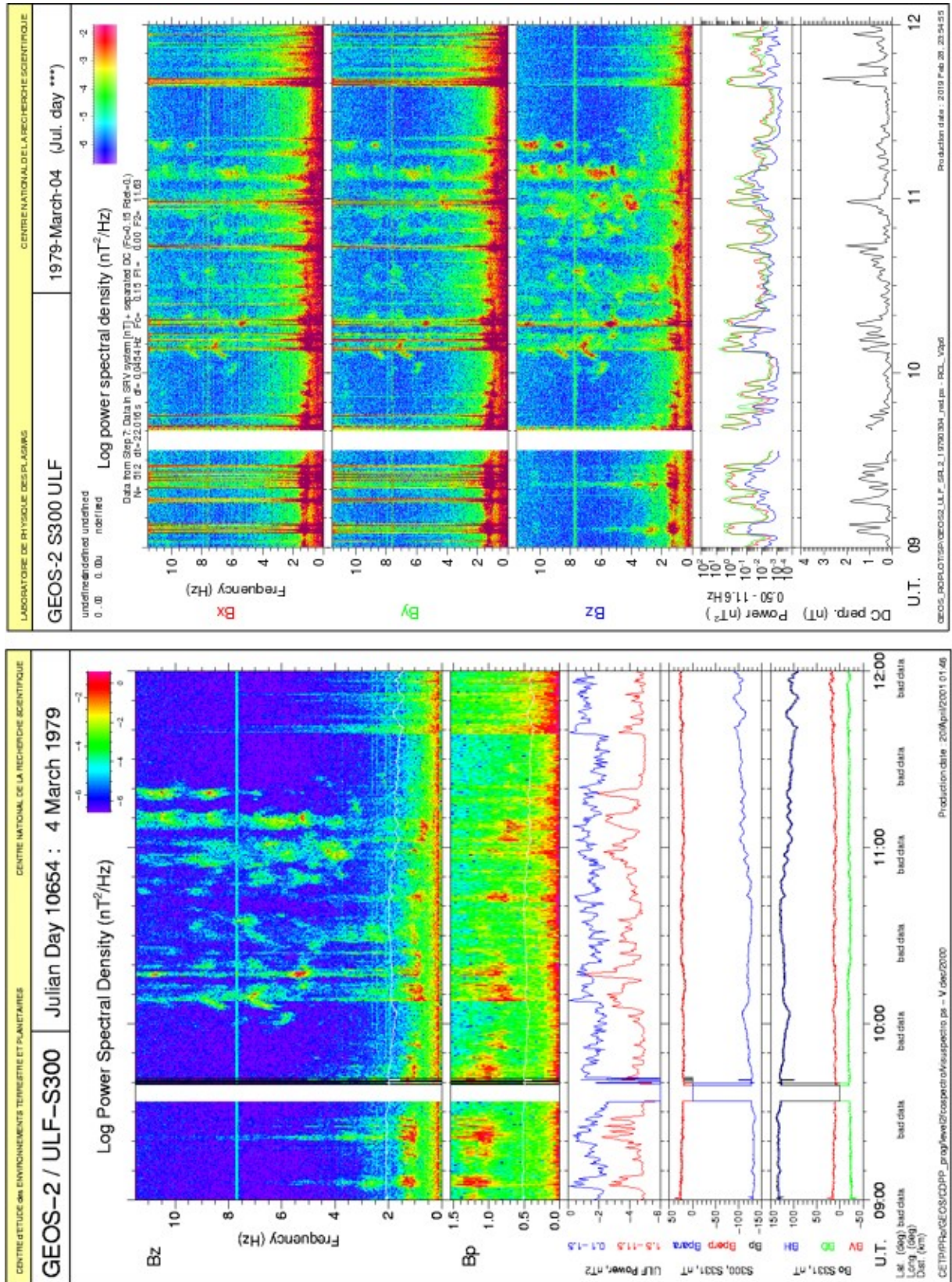


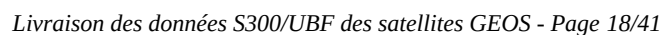


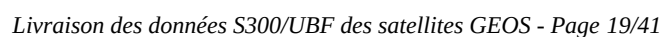
5. GEOS-2 / 01-12-1978



6. GEOS-2 / 4-03-1979







C) Comparaison avec le magnétomètre

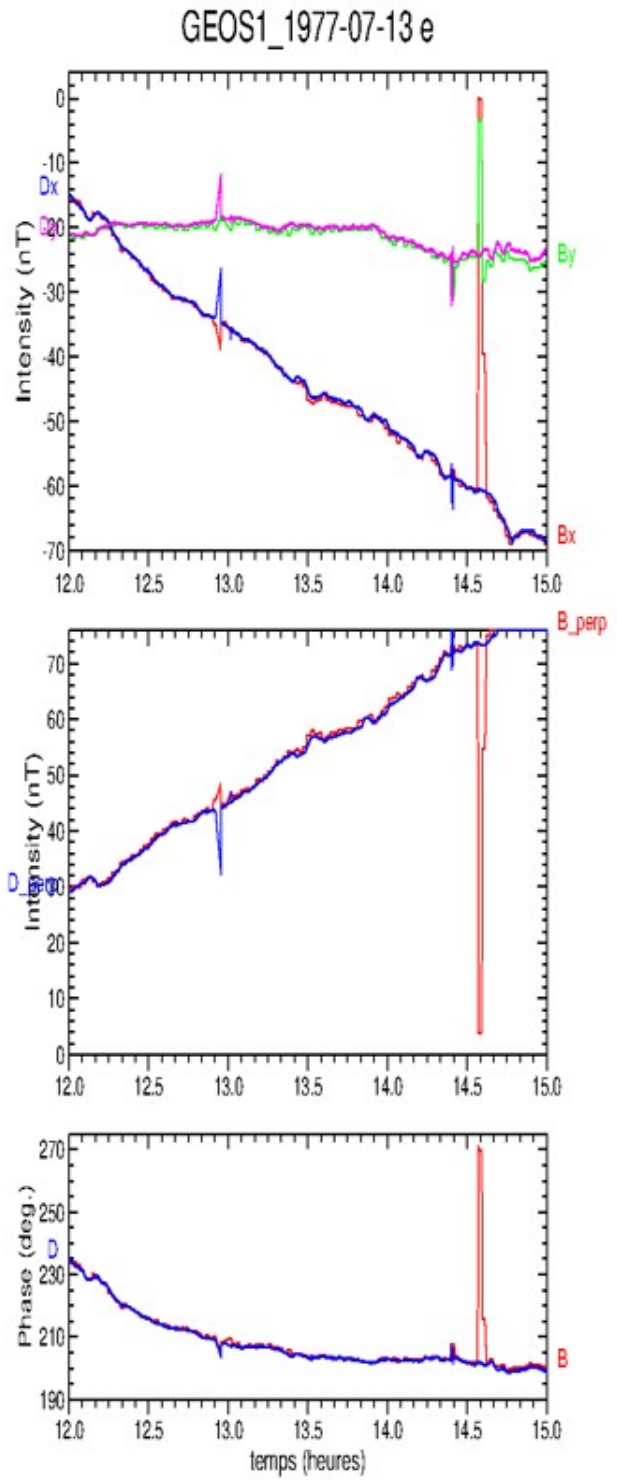
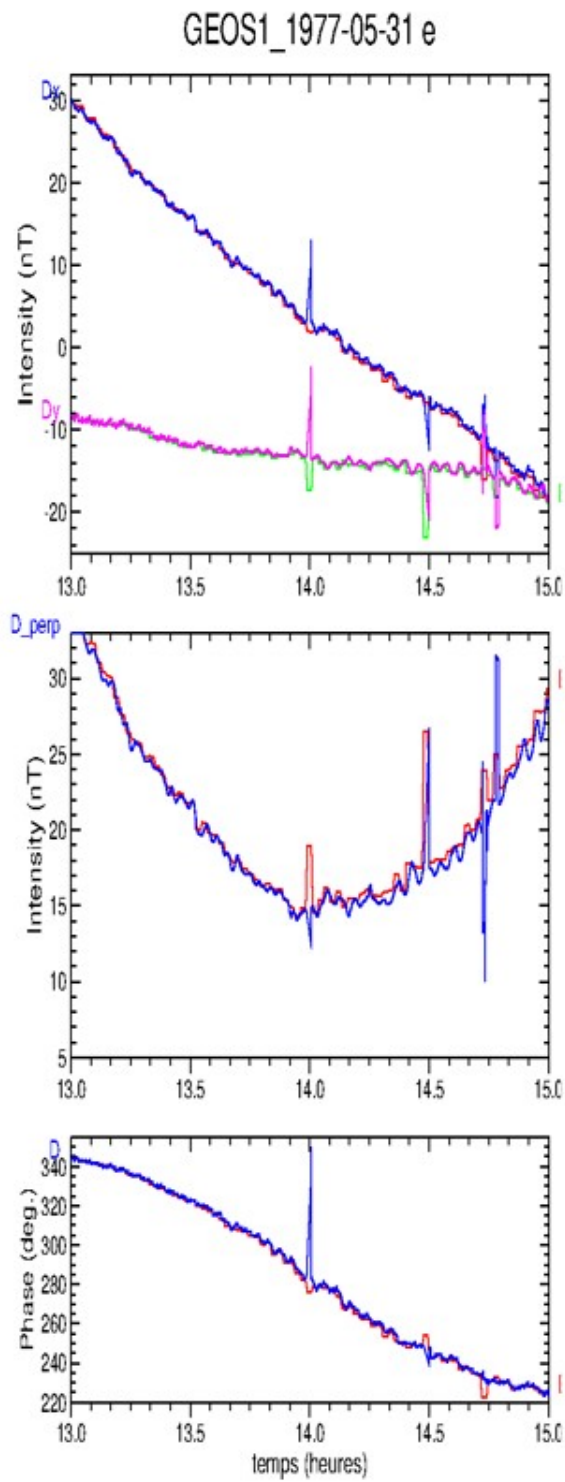
Les deux voies « Despin » des formes d'ondes calibrées correspondent à la mesure du champ magnétique continu [2]. On peut donc, en mettant les données du magnétomètre dans le même repère SRV où sont mesurées les deux composantes D_x et D_y par le search-coil effectuer une comparaison entre les deux instruments.

Le problème le plus délicat dans l'estimation des composantes D_x et D_y est la correction de la phase lors de la calibration. C'est pourquoi on a comparé non seulement D_x , D_y avec B_x , B_y mais également l'intensité du champ perpendiculaire (à l'axe de spin) et sa direction dans le plan X-Y.

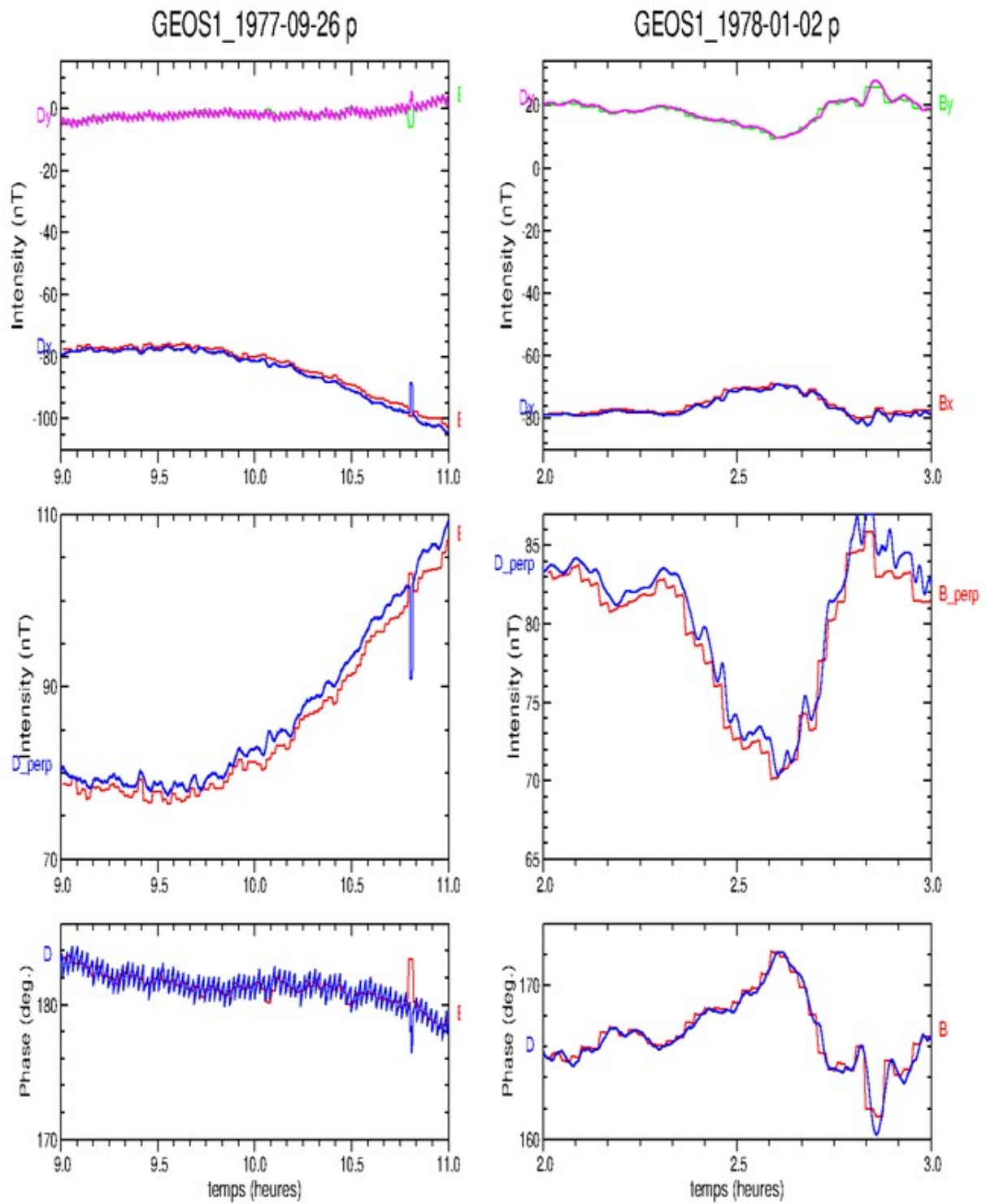
Comme on le verra dans les tracés qui suivent, l'accord est généralement très bon en ce qui concerne l'intensité du champ perpendiculaire, les différences se portant plutôt sur la direction du champ.

La comparaison a été faite sur 2 cas de GEOS-1 et 2 cas de GEOS-2. Il faut noter que pour les deux satellites, après un certain temps de bon fonctionnement, les magnétomètres ont présentés de graves problèmes, comme on peut l'observer sur les cas étudiés ci-dessous.

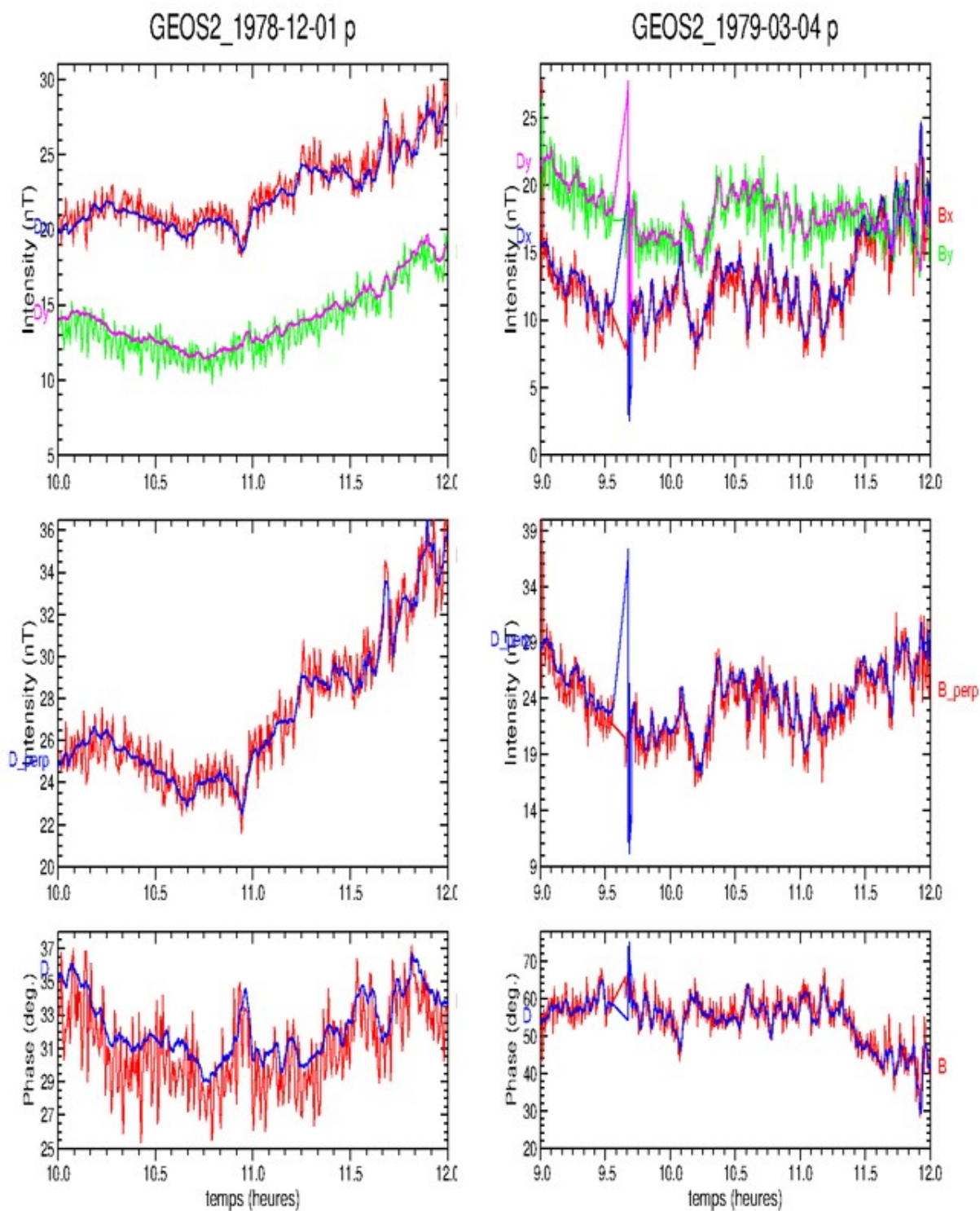
1. GEOS-1 / 31 mai 1977



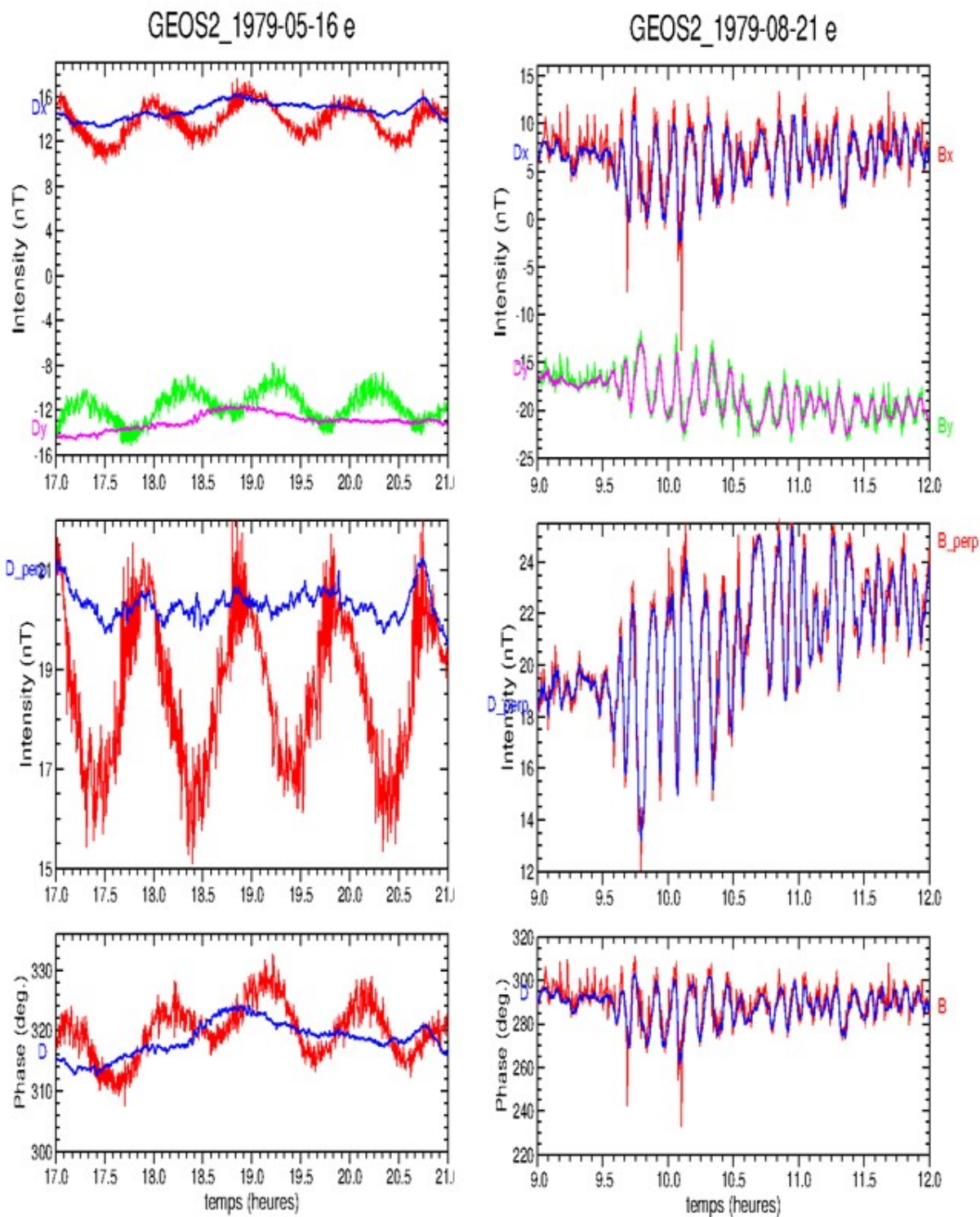
2. GEOS-1 / 13 juillet 1977



3. GEOS-2 / 1er décembre 1978



4. GEOS-2 / 16 mai 1979



3. Annexes

Les annexes regroupent des exemple des fichiers délivrés ainsi que des informations sur les changements de coordonnées utilisés au moyen des angles d'Euler des données auxiliaires.

A) Exemple de fichier UBF WFL1.rff

```

=====
# The Roproc_Format_File is a general format mainly used for data from
# spatial missions (magnetometer, waveform units, S/C trajectory ...).
# For readability, all lines starting with character '#' are comments,
# while empty or blank lines are ignored. Others lines are keywords,
# parameters variables or data.
# This file contents Metadata (description of the data), Constant Data
# (one value per file, or a few, but in limited number) and indexed data
# (data versus time or other INDEX).
# Any group of data begins with a 'START' keyword, and stops by a END.
# Metadata are given as parameters series (one value per parameter).
# Data are described by Metadata parameters.
# Examples of different files are given in the document:
# 'The Roproc Format File, a dedicated file format for vectorial data
# processing'
# Author: P. Robert, CNRS/LPP (formerly CESTP)
# V 1.0, 1996-2000 (for archive of old mission data)
# V 1.1, October 2001 (for CLUSTER/STAFF-SC NBR & HBR wave data)
# V 1.2, January 2002 (for GEOS wave data)
# V 1.3, August 2003 (for CUSP and any kind of wave data)
# V 1.4, January 2003 (for general titles management)
# V 2.0, March 2004 (for compatibility with Roproc Vector format)
# V 2.1, May 2004 (to be coherent with Cluster Exchange Format)
# V 2.2, March 2007 (some useful upgrades)
# Any comment or suggestion: Patrick.Robert@lpp.polytechnique.fr
=====

START METADATA
#-----
# Two metadata categories: Mandatory Parameters and Optional Parameters
#-----

START MANDATORY_PARAMETERS

PAR FILE_NAME (STR): GEOS1_ULF_WFL1_19780101.rff
PAR FILE_CLASS (STR): WaveForm
PAR FILE_FORMAT_VERSION (STR): Roproc_Format_File V 2.3
PAR FILE_CREATION_DATE (STR): 2018-10-04T12:07:58Z

PAR MISSION_NAME (STR): GEOS
PAR OBSERVATORY_NAME (STR): GEOS-1
PAR OBSERVATORY_NUMBER (INT): 1
PAR EXPERIMENT_NAME (STR): S300
PAR EXPERIMENT_MODE (STR): ULF
PAR INSTRUMENT_TYPE (STR): Search Coils
PAR MEASUREMENT_TYPE (STR): B-AC Magnetic field waveform

PAR INDEX_LABEL (STR): Time
PAR INDEX_TYPE (STR): STR
PAR INDEX_UNITS (STR): ISO_TIME
PAR INDEX_FORMAT (STR): (a24)
PAR INDEX_FORM (STR): Scalar
PAR INDEX_DIMENSION (INT): 1
PAR INDEX_PROPERTIES (STR): Regularly Spaced

# One uses here the index extension option: 9 more words are added to
# the time index: anomalie, Low Speed Format, Spin frequency, Euler angles,
# sens of rotation (electron or proton) and spin phase angle in S/C system
# All except phase are grouped un a single character word
# according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.

PAR INDEX_EXTENSION_LABEL (STR): status ; Phase_angle
PAR INDEX_EXTENSION_TYPE (STR): STR ; FLT
PAR INDEX_EXTENSION_UNITS (STR): None ; degreee
PAR INDEX_EXTENSION_FORMAT (STR): (a44,F7.2)
PAR INDEX_EXTENSION_LENGTH (INT): 51

PAR DATA_LABEL (STR): Bx ; By ; Bz ; Gx ; Gy ; Gz ; Dx ; Dy
PAR DATA_TYPE (STR): INT
PAR DATA_UNITS (STR): TM_cts ; TM_cts ; TM_cts ; None ; None ; None ; TM_cts ; TM_cts
PAR DATA_FORMAT (STR): (8i4)
PAR DATA_FORM (STR): Matrix
PAR DATA_DIMENSION (INT): 8 128
PAR DATA_REPRESENTATION (STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM (STR): INSTRUMENT
PAR DATA_FILL_VALUE (INT): 0

PAR BLOCK_NUMBER (INT): 6281
PAR BLOCK_FIRST_INDEX (STR): 1978-01-01T00:00:10.502Z
PAR BLOCK_LAST_INDEX (STR): 1978-01-01T23:59:50.473Z

END MANDATORY_PARAMETERS

```

START OPTIONAL_PARAMETERS

PAR TIME_RESOLUTION (DBL): 0.043000312
PAR TIME_SPAN_FROM (STR): 1978-01-01T00:00:00.000000Z
PAR TIME_SPAN_TO (STR): 1978-01-01T23:59:59.999999Z

PAR TITLE (STR): GEOS-1 S300 ULF
PAR SUB_TITLE (STR): TM data in spinning system
PAR DISCIPLINE_NAME (STR): Space and Magnetospheric Physics
PAR EXPERIMENT_PI_NAME (STR): Roger Gendrin (deceased)
PAR EXPERIMENT_PI_MAIL (STR): does not exist anymore

PAR MISSION_DESCRIPTION (TXT): {
The GEOS research missions (GEOS-1 and -2) of ESA had the objective to study the particles, fields and plasmas of the Earth's magnetosphere from a geostationary orbit. The definition of the GEOS program was actually started in the late 1960s under ESRO (European Space Research Organization) management, before the foundation of ESA in 1975.
The GEOS-1 spacecraft was launched on April 20, 1977 by Thor Delta vehicle from Cape Canaveral, FLA, USA (COSPAR designation: 77-029A).
Unfortunately, a booster/separation problem meant that geostationary orbit could not be achieved. Hence, the S/C was placed into a 12 hour final orbit where the instruments could make the planned measurements for about 6 hours of each revolution between 5 and 7 Earth radii with an apogee of 38475 km, perigee of 2936 km, inclination of 26.6°, period of ~ 12 hours.
GEOS-2 was launched July 14, 1978 on a Thor-Delta vehicle from Cape Canaveral, with an initial perigee of 36,009 km, initial apogee of 36,071 km, inclination at 11.8°, positioned at 37° East (initially).
Source: ESA <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa>.}

PAR EXPERIMENT_DESCRIPTION (TXT): {
S-300 was developed by CRPE, France, ESA/ESTEC, and the Danish Space Research Institute (DSRI). Objectives: study of magnetospheric wave phenomena in both electric and magnetic domains; measurement of AC magnetic fields up to 30 kHz; DC/AC electric fields and plasma resonances up to 80 kHz; mutual and self-impedance. The instrument consisted of 2 vitreous carbon spheres mounted on radial booms (42 m tip-to-tip) and 2 sets of three-axis search coil magnetometers, one for the ULF/ELF range and one for the VLF range (each is mounted on the locking 3 m booms at a distance of 2 m from the S/C), 4 meshed spheres mounted at the end of the 2.5 m axial booms.
(Source: ESA <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa>).
Data are given in the instrument coordinates where z is close to the spin axis.}

PAR INDEX_DESCRIPTION (TXT): {
Time is given in ISO format, accepting any digits for second field as 2001-02-18T19:16:17.550Z; T and Z separators are required.}

PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP (TXT): {
The extension of the index field is used to add some auxiliary data varying with the same rate as the index itself.
The index extension field must contain only a limited series of scalar data; label, type and units can be different, but in accordance with the given format.
Here, extended index contains 9 more words : anomalie, Low Speed Format, Spin frequency, Euler angles, spin phase angle in S/C system and S/C sens of rotation (electron or proton), all according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.}

PAR DATA_DESCRIPTION (TXT): {
This file contains Matrix DATA_FORM which are indexed by the time. So, the file class is WaveForm also called MatTime. This is a temporal series of data blocks. Each block begins with the INDEX value, (ISO epoch) and INDEX_EXTENSION values, the rest of the block is a series of DATA values, over several lines, according to the DATA_FORMAT value. The number of values per line, or group of lines, is the first dimension of the matrix, the number of lines, or group of lines, is the second dimension of the matrix. Sample rate, given in CONSTANT_DATA, allows time interpolation inside a block.}

PAR BLOCK_DESCRIPTION (TXT): {
A data block is composed of the index, the index extension and the data. A block can be entirely read or written by a single operation, by using a format composed with the concatenation of the INDEX_FORMAT, the INDEX_EXTENSION_FORMAT, and the DATA_FORMAT.}

PAR FILE_ANOMALIES (TXT): {
None.}

PAR HISTORY (TXT): {
2018-10-04T12:07:58.273Z : Created from original CDC 60 bits binary files}

END OPTIONAL_PARAMETERS

END METADATA

#-----

```

START DATA
#-----
# Two categories: Constant data (one value per file), and Indexed data
# (data versus time or other INDEX)
#-----

START CONSTANT_DATA

VAR SAMPLE_RATE          (DBL), u=Hz          : 23.255645
VAR VOLT_RANGE            (FLT), u=Volts       : 10.00
VAR TM_RANGE_MIN          (INT), u=TM_counts   : 0
VAR TM_RANGE_MAX          (INT), u=TM_counts   : 255

END CONSTANT_DATA
#-----

START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:00:10.502Z 0 023037584 0.1627895 99.43 170.25 337.22 p 238.09
184 149 127 125 125 125 209 32
185 149 128 125 125 125 204 28
187 147 128 125 125 125 201 25
189 147 128 125 125 125 197 22
189 146 129 125 125 125 192 19
192 144 127 125 125 125 187 16
192 144 127 125 125 125 181 13
193 144 128 125 125 125 178 12
194 143 127 125 125 125 173 9
195 143 127 125 125 125 168 7
195 143 127 125 125 125 162 5
195 141 127 125 125 125 156 4
196 139 126 125 125 125 153 3
197 139 125 125 125 125 147 2
197 139 125 125 125 125 141 1
196 138 125 125 125 125 135 1

... 128 data lines

137 153 128 125 125 125 247 123
140 153 127 125 125 125 247 117
144 153 127 125 125 125 247 111
148 153 127 125 125 125 247 108
1978-01-01T00:00:16.006Z 0 023037588 0.1627895 61.74 170.24 337.20 p 275.76
150 152 126 125 125 125 245 102
152 152 125 125 125 125 245 96
155 152 125 125 125 125 243 89
158 152 125 125 125 125 243 85

...

164 146 128 125 125 125 229 65
166 147 126 125 125 125 226 60
168 147 126 125 125 125 223 55
171 147 126 125 125 125 219 50
173 147 127 125 125 125 216 46
173 146 126 125 125 125 214 43
175 145 126 125 125 125 210 39
177 143 126 125 125 125 206 35

END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE

```

B) Exemple de fichier UBF VTL1.rff

```
START ROPROC_FORMAT_FILE

START METADATA
#-----
START MANDATORY_PARAMETERS

PAR FILE_NAME          (STR): GEOS1_ULF_VTL1_19780101.rff
PAR FILE_CLASS         (STR): VecTime
PAR FILE_FORMAT_VERSION (STR): Roproc_Format_File V 2.3
PAR FILE_CREATION_DATE  (STR): 2019-02-23T19:37:55.165Z

PAR MISSION_NAME       (STR): GEOS
PAR OBSERVATORY_NAME   (STR): GEOS-1
PAR OBSERVATORY_NUMBER (INT): 1
PAR EXPERIMENT_NAME    (STR): S300
PAR EXPERIMENT_MODE    (STR): ULF
PAR INSTRUMENT_TYPE    (STR): Search Coils
PAR MEASUREMENT_TYPE   (STR): B-AC Magnetic field waveform

PAR INDEX_LABEL        (STR): Time
PAR INDEX_TYPE         (STR): STR
PAR INDEX_UNITS        (STR): ISO_TIME
PAR INDEX_FORMAT       (STR): (a24)
PAR INDEX_FORM         (STR): Scalar
PAR INDEX_DIMENSION    (INT): 1
PAR INDEX_PROPERTIES   (STR): Regularly Spaced

PAR INDEX_EXTENSION_LABEL (STR): status ; Phase_angle
PAR INDEX_EXTENSION_TYPE (STR): STR ; FLT
PAR INDEX_EXTENSION_UNITS (STR): None ; degreee
PAR INDEX_EXTENSION_FORMAT (STR): (a46,"",f7.2)
PAR INDEX_EXTENSION_LENGTH (INT): 54

PAR DATA_LABEL        (STR): Bx ; By ; Bz ; Gx ; Gy ; Gz ; Dx ; Dy
PAR DATA_TYPE         (STR): INT
PAR DATA_UNITS        (STR): TM_cts ; TM_cts ; TM_cts ; None ; None ; None ; TM_cts ; TM_cts
PAR DATA_FORMAT       (STR): (814)
PAR DATA_FORM         (STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION    (INT): 8
PAR DATA_REPRESENTATION (STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM (STR): INSTRUMENT
PAR DATA_FILL_VALUE   (STR): 0

PAR BLOCK_NUMBER       (INT): 803968
PAR BLOCK_FIRST_INDEX  (STR): 1978-01-01T00:00:10.502Z
PAR BLOCK_LAST_INDEX   (STR): 1978-01-01T23:59:55.934Z

END MANDATORY_PARAMETERS
#-----
START OPTIONAL_PARAMETERS

PAR TIME_RESOLUTION    (DBL): 0.4300000000E-01
PAR TIME_SPAN_FROM     (STR): 1978-01-01T00:00:00.000000Z
PAR TIME_SPAN_TO       (STR): 1978-01-01T23:59:59.999999Z
PAR TITLE              (STR): GEOS-1 S300 ULF
PAR SUB_TITLE          (STR): TM data in spinning system
PAR DISCIPLINE_NAME    (STR): Space and Magnetospheric Physics
PAR EXPERIMENT_PI_NAME (STR): Roger Gendrin (deceased)
PAR EXPERIMENT_PI_MAIL (STR): does not exist anymore

PAR MISSION_DESCRIPTION (TXT): {
The GEOS research missions (GEOS-1 and -2) of ESA had the objective
to study the particles, fields and plasmas of the Earth's magnetosphere from
a geostationary orbit. The definition of the GEOS program was actually started
in the late 1960s under ESRO (European Space Research Organization) management,
before the foundation of ESA in 1975.
The GEOS-1 spacecraft was launched on April 20, 1977 by Thor Delta vehicle
from Cape Canaveral, FLA, USA (COSPAR designation: 77-029A).
Unfortunately, a booster/separation problem meant that geostationary orbit
could not be achieved. Hence, the S/C was placed into a 12 hour final orbit
where the instruments could make the planned measurements for about 6 hours
of each revolution between 5 and 7 Earth radii with an apogee of 38475 km,
perigee of 2936 km, inclination of 26.6°, period of ~ 12 hours.
GEOS-2 was launched July 14, 1978 on a Thor-Delta vehicle from Cape Canaveral,
with an initial perigee of 36,009 km, initial apogee of 36,071 km,
inclination at 11.8°, positioned at 37° East (initially).
Source: ESA https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa.}

PAR EXPERIMENT_DESCRIPTION (TXT): {
S-300 was developed by CRPE, France, ESA/ESTEC, and the Danish Space Research
Institute (DSRI). Objectives: study of magnetospheric wave phenomena in both
electric and magnetic domains; measurement of AC magnetic fields up to 30 kHz;
DC/AC electric fields and plasma resonances up to 80 kHz;
mutual and self-impedance. The instrument consisted of 2 vitreous carbon
spheres mounted on radial booms (42 m tip-to-tip) and 2 sets of three-axis
search coil magnetometers, one for the ULF/ELF range and one for the VLF range
(each is mounted on the locking 3 m booms at a distance of 2 m from the S/C),
4 meshed spheres mounted at the end of the 2.5 m axial booms.
(Source: ESA https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa).
Data are given in the instrument coordinates where z is close to the spin axis.}

PAR INDEX_DESCRIPTION (TXT): {
Time is given in ISO format, accepting any digits for second field as "2001-02-18T19:16:17.550934Z"; "T" and
"Z" separators are required.}
```

```
PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP (TXT): {
The extension of the index field is used to add some auxiliary data
varying with the same rate as the index itself.
The index extension field must contain only a limited series of scalar
data; label, type and units can be different, but in accordance with the
given format.}

PAR DATA_DESCRIPTION (TXT): {
Class of this file is "VecTime", meaning a data vector dependant of the time.
DATA_FORM and INDEX_FORM must be "Vector" and "Scalar". This is a temporal
series of data blocks. Each block begins with the INDEX value giving the
time (for example in ISO epoch) and INDEX_EXTENSION values. The rest of the
block is a series of values, corresponding to the vector components,
and according to the DATA_FORMAT value. Sample rate, which can be found in
CONSTANT_DATA, must be consistant with the value of time_resolution.}

PAR BLOCK_DESCRIPTION (TXT): {
A data block is composed of the index, the index extension and the data.
A block can be entirely read or written by a single operation, by using
a format composed with the concatenation of the INDEX_FORMAT, the
INDEX_EXTENSION_FORMAT, and the DATA_FORMAT.}

PAR FILE_ANOMALIES (TXT): {
None.}

PAR HISTORY (TXT): {
2018-10-04T12:07:58.273Z : Created from original CDC 60 bits binary files}
2019-02-23T19:37:55.108Z : RCL_waveform_to_vectime - RCL_V2.6, Feb. 2019}

END OPTIONAL_PARAMETERS
END METADATA
#-----

START DATA
#-----
START CONSTANT_DATA

VAR SAMPLE_RATE (DBL), u=Hz : 23.2558140
VAR VOLT_RANGE_MIN (FLT), u=Volts : -5.00
VAR VOLT_RANGE_MAX (FLT), u=Volts : 5.00
VAR TM_RANGE_MIN (INT), u=TM_counts : 0
VAR TM_RANGE_MAX (INT), u=TM_counts : 255

VAR SPIN_PERIOD (DBL), u=Hz : 6.1429023

END CONSTANT_DATA

START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:00:10.502Z,0 023037584 0.1627895 99.43 170.25 337.22 p 1, 238.09, 184 149 127 125 125 125 209 32
1978-01-01T00:00:10.545Z,0 23037588 0.1627895 101.95 170.25 337.22 p 0, 238.38, 185 149 128 125 125 125 204 28
1978-01-01T00:00:10.588Z,0 23037588 0.1627895 104.47 170.25 337.22 p 0, 238.68, 187 147 128 125 125 125 201 25
1978-01-01T00:00:10.631Z,0 23037588 0.1627895 106.98 170.25 337.22 p 0, 238.97, 189 147 128 125 125 125 197 22
1978-01-01T00:00:10.674Z,0 23037588 0.1627895 109.50 170.25 337.22 p 0, 239.27, 189 146 129 125 125 125 192 19
1978-01-01T00:00:10.717Z,0 23037588 0.1627895 112.02 170.25 337.22 p 0, 239.56, 192 144 127 125 125 125 187 16
1978-01-01T00:00:10.760Z,0 23037588 0.1627895 114.54 170.25 337.22 p 0, 239.86, 192 144 127 125 125 125 181 13
1978-01-01T00:00:10.803Z,0 23037588 0.1627895 117.06 170.25 337.22 p 0, 240.15, 193 144 128 125 125 125 178 12
1978-01-01T00:00:10.846Z,0 23037588 0.1627895 119.57 170.25 337.22 p 0, 240.44, 194 143 127 125 125 125 173 9
1978-01-01T00:00:10.889Z,0 23037588 0.1627895 122.09 170.25 337.22 p 0, 240.74, 195 143 127 125 125 125 168 7
1978-01-01T00:00:10.932Z,0 23037588 0.1627895 124.61 170.25 337.22 p 0, 241.03, 195 143 127 125 125 125 162 5
1978-01-01T00:00:10.975Z,0 23037588 0.1627895 127.13 170.25 337.22 p 0, 241.33, 195 141 127 125 125 125 156 4
1978-01-01T00:00:11.018Z,0 23037588 0.1627895 129.65 170.25 337.22 p 0, 241.62, 196 139 126 125 125 125 153 3
1978-01-01T00:00:11.061Z,0 23037588 0.1627895 132.16 170.25 337.22 p 0, 241.92, 197 139 125 125 125 125 147 2
1978-01-01T00:00:11.104Z,0 23037588 0.1627895 134.68 170.25 337.22 p 0, 242.21, 197 139 125 125 125 125 141 1
1978-01-01T00:00:11.147Z,0 23037588 0.1627895 137.20 170.25 337.22 p 0, 242.50, 196 138 125 125 125 125 135 1
1978-01-01T00:00:11.190Z,0 23037588 0.1627895 139.72 170.25 337.22 p 0, 242.80, 195 137 126 125 125 125 129 1

...

1978-01-01T23:59:55.504Z,2 23100360 0.1627895 118.12 169.97 336.24 p 0, 224.95, 158 147 127 125 125 125 235 78
1978-01-01T23:59:55.547Z,2 23100360 0.1627895 120.64 169.97 336.24 p 0, 225.24, 161 145 128 125 125 125 233 73
1978-01-01T23:59:55.590Z,2 23100360 0.1627895 123.16 169.97 336.24 p 0, 225.54, 162 145 128 125 125 125 231 67
1978-01-01T23:59:55.633Z,2 23100360 0.1627895 125.68 169.97 336.24 p 0, 225.83, 164 146 128 125 125 125 229 65
1978-01-01T23:59:55.676Z,2 23100360 0.1627895 128.20 169.97 336.24 p 0, 226.12, 166 147 126 125 125 125 226 60
1978-01-01T23:59:55.719Z,2 23100360 0.1627895 130.72 169.97 336.24 p 0, 226.41, 168 147 126 125 125 125 223 55
1978-01-01T23:59:55.762Z,2 23100360 0.1627895 133.24 169.97 336.24 p 0, 226.71, 171 147 126 125 125 125 219 50
1978-01-01T23:59:55.805Z,2 23100360 0.1627895 135.76 169.97 336.24 p 0, 227.00, 173 147 127 125 125 125 216 46
1978-01-01T23:59:55.848Z,2 23100360 0.1627895 138.28 169.97 336.24 p 0, 227.29, 173 146 126 125 125 125 214 43
1978-01-01T23:59:55.891Z,2 23100360 0.1627895 140.80 169.97 336.24 p 0, 227.58, 175 145 126 125 125 125 210 39
1978-01-01T23:59:55.934Z,2 23100360 0.1627895 143.32 169.97 336.24 p 0, 227.88, 177 143 126 125 125 125 206 35

END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

C) Exemple de fichier UBF VTL2.rff

```
START ROPROC_FORMAT_FILE

START METADATA

#-----
START MANDATORY_PARAMETERS

PAR FILE_NAME (STR): GEOS1_ULF_VTL2_19780101.rff
PAR FILE_CLASS (STR): VecTime
PAR FILE_FORMAT_VERSION (STR): Roproc_Format_File V 2.3
PAR FILE_CREATION_DATE (STR): 2019-02-24T15:20:26.572Z

PAR MISSION_NAME (STR): GEOS
PAR OBSERVATORY_NAME (STR): GEOS-1
PAR OBSERVATORY_NUMBER (INT): 1
PAR EXPERIMENT_NAME (STR): S300
PAR EXPERIMENT_MODE (STR): ULF
PAR INSTRUMENT_TYPE (STR): Search Coils
PAR MEASUREMENT_TYPE (STR): B-AC Magnetic field waveform

PAR INDEX_LABEL (STR): Time
PAR INDEX_TYPE (STR): STR
PAR INDEX_UNITS (STR): ISO_TIME
PAR INDEX_FORMAT (STR): (a24)
PAR INDEX_FORM (STR): Scalar
PAR INDEX_DIMENSION (INT): 1
PAR INDEX_PROPERTIES (STR): Regularly Spaced

PAR INDEX_EXTENSION_LABEL (STR): status ; Phase_angle
PAR INDEX_EXTENSION_TYPE (STR): STR ; FLT
PAR INDEX_EXTENSION_UNITS (STR): None ; degreee
PAR INDEX_EXTENSION_FORMAT (STR): (a46,1x,f7.2)
PAR INDEX_EXTENSION_LENGTH (INT): 54

PAR DATA_LABEL (STR): Bx ; By ; Bz ; Dx ; Dy
PAR DATA_TYPE (STR): FLT
PAR DATA_UNITS (STR): nT ; nT ; nT ; nT ; nT
PAR DATA_FORMAT (STR): (E13.6,1x,E13.6,1x,E13.6,1x,E13.6,1x,E13.6)
PAR DATA_FORM (STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION (INT): 5
PAR DATA_REPRESENTATION (STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM (STR): SRV
PAR DATA_FILL_VALUE (STR): -0.1000E+31

PAR BLOCK_NUMBER (INT): 801796
PAR BLOCK_FIRST_INDEX (STR): 1978-01-01T00:00:32.475Z
PAR BLOCK_LAST_INDEX (STR): 1978-01-01T23:59:33.961Z

END MANDATORY_PARAMETERS
#-----
START OPTIONAL_PARAMETERS

PAR TIME_RESOLUTION (DBL): 0.4300000000E-01
PAR TIME_SPAN_FROM (STR): 1978-01-01T00:00:00.000000Z
PAR TIME_SPAN_TO (STR): 1978-01-01T23:59:59.999999Z
PAR TITLE (STR): GEOS-1 S300 ULF
PAR SUB_TITLE (STR): Step 7: Data in SRV system [nT] + separated DC (Fc=0.15 Fdet=0.)
PAR DISCIPLINE_NAME (STR): Space and Magnetospheric Physics
PAR EXPERIMENT_PI_NAME (STR): Roger Gendrin (deceased)
PAR EXPERIMENT_PI_MAIL (STR): does not exist anymore

PAR MISSION_DESCRIPTION (TXT): {
The GEOS research missions (GEOS-1 and -2) of ESA had the objective
to study the particles, fields and plasmas of the Earth's magnetosphere from
a geostationary orbit. The definition of the GEOS program was actually started
in the late 1960s under ESR0 (European Space Research Organization) management,
before the foundation of ESA in 1975.
The GEOS-1 spacecraft was launched on April 20, 1977 by Thor Delta vehicle
from Cape Canaveral, FLA, USA (COSPAR designation: 77-029A).
Unfortunately, a booster/separation problem meant that geostationary orbit
could not be achieved. Hence, the S/C was placed into a 12 hour final orbit
where the instruments could make the planned measurements for about 6 hours
of each revolution between 5 and 7 Earth radii with an apogee of 38475 km,
perigee of 2936 km, inclination of 26.6°, period of ~ 12 hours.
GEOS-2 was launched July 14, 1978 on a Thor-Delta vehicle from Cape Canaveral,
with an initial perigee of 36,009 km, initial apogee of 36,071 km,
inclination at 11.8°, positioned at 37° East (initially).
Source: ESA https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa.}

PAR EXPERIMENT_DESCRIPTION (TXT): {
S-300 was developed by CRPE, France, ESA/ESTEC, and the Danish Space Research
Institute (DSRI). Objectives: study of magnetospheric wave phenomena in both
electric and magnetic domains; measurement of AC magnetic fields up to 30 kHz;
DC/AC electric fields and plasma resonances up to 80 kHz;
mutual and self-impedance. The instrument consisted of 2 vitreous carbon
spheres mounted on radial booms (42 m tip-to-tip) and 2 sets of three-axis
search coil magnetometers, one for the ULF/ELF range and one for the VLF range
(each is mounted on the locking 3 m booms at a distance of 2 m from the S/C),
4 meshed spheres mounted at the end of the 2.5 m axial booms.
(Source: ESA https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa).
Data are given in the instrument coordinates where z is close to the spin axis.}
```

```
PAR INDEX_DESCRIPTION (TXT): {
Time is given in ISO format, accepting any digits for second field as
"2001-02-18T19:16:17.550934Z"; "T" and "Z" separators are required.}

PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP (TXT): {
The extension of the index field is used to add some auxiliary data
varying with the same rate as the index itself.
The index extension field must contain only a limited series of scalar
data; label, type and units can be different, but in accordance with the
given format.}

PAR DATA_DESCRIPTION (TXT): {
Class of this file is "VecTime", meaning a data vector dependant of the time.
DATA_FORM and INDEX_FORM must be "Vector" and "Scalar". This is a temporal
series of data blocks. Each block begins with the INDEX value giving the
time (for example in ISO epoch) and INDEX_EXTENSION values. The rest of the
block is a series of values, corresponding to the vector components,
and according to the DATA_FORMAT value. Sample rate, which can be found in
CONSTANT_DATA, must be consistent with the value of time_resolution.}

PAR BLOCK_DESCRIPTION (TXT): {
A data block is composed of the index, the index extension and the data.
A block can be entirely read or written by a single operation, by using
a format composed with the concatenation of the INDEX_FORMAT, the
INDEX_EXTENSION_FORMAT, and the DATA_FORMAT.}

PAR FILE_ANOMALIES (TXT): {
None.}

PAR HISTORY (TXT): {
2018-10-04T12:07:58.273Z : Created from original CDC 60 bits binary files}
2019-02-24T15:15:57.110Z : RCL_vectime_calibration_GEOULF - RCL_V2.6, Feb. 2019}

END OPTIONAL_PARAMETERS
END METADATA
#-----

START DATA
#-----
START CONSTANT_DATA

VAR SAMPLE_RATE (DBL), u=Hz : 23.2558140
VAR VOLT_RANGE_MIN (FLT), u=Volts : -5.00
VAR VOLT_RANGE_MAX (FLT), u=Volts : 5.00
VAR TM_RANGE_MIN (INT), u=TM_counts : 0
VAR TM_RANGE_MAX (INT), u=TM_counts : 255

VAR SPIN_PERIOD (DBL), u=Hz : 6.1429023

VAR FREQUENCY_FILTER_MIN (FLT), u=Hz : 0.00
VAR FREQUENCY_FILTER_MAX (FLT), u=Hz : 11.63
VAR FREQUENCY_CUT_OFF (FLT), u=Hz : 0.15
VAR FREQUENCY_DETREND (FLT), u=Hz : 0.00
VAR CALIB_KERNEL_SIZE (INT), u=None : 1024
VAR CALIB_SHIFT_SIZE (INT), u=None : 2

END CONSTANT_DATA
#-----
START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:00:32.475Z,0 23037600 0.1627895 305.09 170.21 337.14 p 0, 29.54, 0.578000E-01, 0.248323E+00, -0.520246E-01, -0.112282E+03, 0.292211E+02
1978-01-01T00:00:32.518Z,0 023037600 0.1627895 307.60 170.21 337.14 p 1, 29.84, 0.522419E-01, 0.243321E+00, -0.429018E-01, -0.112282E+03, 0.292211E+02
1978-01-01T00:00:32.561Z,0 23037604 0.1627895 310.12 170.21 337.14 p 0, 30.13, 0.403353E-01, 0.227445E+00, -0.853384E-01, -0.112281E+03, 0.292210E+02
1978-01-01T00:00:32.604Z,0 23037604 0.1627895 312.64 170.21 337.14 p 0, 30.42, 0.259029E-01, 0.224123E+00, -0.640340E-01, -0.112281E+03, 0.292210E+02
1978-01-01T00:00:32.647Z,0 23037604 0.1627895 315.16 170.21 337.14 p 0, 30.72, 0.172457E-01, 0.242786E+00, -0.818443E-01, -0.112272E+03, 0.292422E+02
1978-01-01T00:00:32.690Z,0 23037604 0.1627895 317.68 170.21 337.14 p 0, 31.01, 0.120801E-01, 0.229722E+00, -0.814775E-01, -0.112272E+03, 0.292422E+02
1978-01-01T00:00:32.733Z,0 23037604 0.1627895 320.20 170.21 337.14 p 0, 31.30, 0.815881E-02, 0.220526E+00, -0.898626E-01, -0.112271E+03, 0.292381E+02
1978-01-01T00:00:32.776Z,0 23037604 0.1627895 322.72 170.21 337.14 p 0, 31.59, -0.956997E-03, 0.207974E+00, -0.789619E-01, -0.112271E+03, 0.292381E+02
1978-01-01T00:00:32.819Z,0 23037604 0.1627895 325.24 170.21 337.14 p 0, 31.89, -0.144854E-01, 0.183870E+00, -0.912245E-01, -0.112264E+03, 0.292590E+02
1978-01-01T00:00:32.862Z,0 23037604 0.1627895 327.76 170.21 337.14 p 0, 32.18, -0.377969E-02, 0.187880E+00, -0.927595E-01, -0.112264E+03, 0.292590E+02
1978-01-01T00:00:32.905Z,0 23037604 0.1627895 330.28 170.21 337.14 p 0, 32.47, 0.178128E-01, 0.165758E+00, -0.936225E-01, -0.112263E+03, 0.292590E+02
1978-01-01T00:00:32.948Z,0 23037604 0.1627895 332.80 170.21 337.14 p 0, 32.76, 0.825401E-02, 0.166871E+00, -0.103303E+00, -0.112263E+03, 0.292590E+02
1978-01-01T00:00:32.991Z,0 23037604 0.1627895 335.32 170.21 337.14 p 0, 33.06, 0.443276E-02, 0.133857E+00, -0.919853E-01, -0.112262E+03, 0.292580E+02
1978-01-01T00:00:33.034Z,0 23037604 0.1627895 337.84 170.21 337.14 p 0, 33.35, 0.572213E-02, 0.109915E+00, -0.942914E-01, -0.112262E+03, 0.292580E+02
1978-01-01T00:00:33.077Z,0 23037604 0.1627895 340.36 170.21 337.14 p 0, 33.64, 0.133195E-01, 0.789036E-01, -0.915072E-01, -0.112258E+03, 0.292770E+02
1978-01-01T00:00:33.120Z,0 23037604 0.1627895 342.88 170.21 337.14 p 0, 33.93, 0.203352E-01, 0.681903E-01, -0.800803E-01, -0.112258E+03, 0.292770E+02
1978-01-01T00:00:33.163Z,0 23037604 0.1627895 345.40 170.21 337.14 p 0, 34.23, 0.323008E-01, 0.699164E-01, -0.619892E-01, -0.112258E+03, 0.292771E+02
1978-01-01T00:00:33.206Z,0 23037604 0.1627895 347.92 170.21 337.14 p 0, 34.52, 0.154528E-01, 0.577735E-01, -0.500786E-01, -0.112258E+03, 0.292771E+02
1978-01-01T00:00:33.249Z,0 23037604 0.1627895 350.44 170.21 337.14 p 0, 34.81, 0.347502E-01, 0.571237E-01, -0.325542E-01, -0.112254E+03, 0.292967E+02
1978-01-01T00:00:33.292Z,0 23037604 0.1627895 352.96 170.21 337.14 p 0, 35.10, 0.154286E-01, 0.413613E-01, -0.165561E-01, -0.112254E+03, 0.292967E+02
1978-01-01T00:00:33.335Z,0 23037604 0.1627895 355.48 170.21 337.14 p 0, 35.39, 0.406395E-01, 0.173221E-01, -0.559040E-03, -0.112254E+03, 0.292965E+02
1978-01-01T00:00:33.378Z,0 23037604 0.1627895 358.00 170.21 337.14 p 0, 35.69, 0.207957E-01, 0.193835E-01, -0.175328E-01, -0.112254E+03, 0.292965E+02
1978-01-01T00:00:33.421Z,0 23037604 0.1627895 0.52 170.21 337.14 p 0, 35.98, 0.377031E-01, 0.682313E-02, 0.215345E-01, -0.112253E+03, 0.292966E+02
1978-01-01T00:00:33.464Z,0 23037604 0.1627895 3.04 170.21 337.14 p 0, 36.27, 0.612214E-01, -0.339294E-02, -0.619943E-02, -0.112253E+03, 0.292966E+02
1978-01-01T00:00:33.507Z,0 23037604 0.1627895 5.56 170.21 337.14 p 0, 36.56, 0.726764E-01, -0.198393E-01, 0.227505E-03, -0.112249E+03, 0.293162E+02
...
1978-01-01T23:59:33.574Z,2 23100348 0.1627895 235.53 170.00 336.30 p 0, 75.78, 0.100335E+00, -0.168500E+00, 0.353828E-01, -0.111005E+03, 0.135339E+02
1978-01-01T23:59:33.617Z,2 23100348 0.1627895 238.05 170.00 336.30 p 0, 76.07, 0.115697E+00, -0.166331E+00, 0.665273E-01, -0.111005E+03, 0.135339E+02
1978-01-01T23:59:33.660Z,2 23100348 0.1627895 240.57 170.00 336.30 p 0, 76.36, 0.108228E+00, -0.172130E+00, 0.763003E-01, -0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.703Z,2 23100348 0.1627895 243.09 170.00 336.30 p 0, 76.66, 0.112816E+00, -0.178660E+00, 0.734143E-01, -0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.746Z,2 23100348 0.1627895 245.61 170.00 336.30 p 0, 76.95, 0.110196E+00, -0.160929E+00, 0.847290E-01, -0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.789Z,2 23100348 0.1627895 248.13 170.00 336.30 p 0, 77.24, 0.116339E+00, -0.153531E+00, 0.875322E-01, -0.111005E+03, 0.135338E+02
1978-01-01T23:59:33.832Z,2 23100348 0.1627895 250.65 170.00 336.30 p 0, 77.53, 0.991099E-01, -0.145779E+00, 0.882401E-01, -0.111006E+03, 0.135371E+02
1978-01-01T23:59:33.875Z,2 23100348 0.1627895 253.17 170.00 336.30 p 0, 77.83, 0.102181E+00, -0.139978E+00, 0.987315E-01, -0.111006E+03, 0.135371E+02
1978-01-01T23:59:33.918Z,2 23100348 0.1627895 255.69 170.00 336.30 p 0, 78.12, 0.779202E-01, -0.137645E+00, 0.722599E-01, -0.111004E+03, 0.135370E+02
1978-01-01T23:59:33.961Z,2 023100348 0.1627895 258.21 170.00 336.30 p 1, 78.41, 0.826204E-01, -0.141941E+00, 0.473301E-01, -0.111004E+03, 0.135370E+02
END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```


D) Exemple de fichier MAG VTL2.rff

```
START ROPROC_FORMAT_FILE

START METADATA

#-----
# Two metadata categories: Mandatory Parameters and Optional Parameters
#-----

START MANDATORY_PARAMETERS

PAR FILE_NAME                (STR): GEOS1_MAG_VTL2_19780101.rff
PAR FILE_CLASS                (STR): VecTime
PAR FILE_FORMAT_VERSION       (STR): Roproc_Format_File V 2.3
PAR FILE_CREATION_DATE        (STR): 2019-02-25T16:05:47Z

PAR MISSION_NAME              (STR): GEOS
PAR OBSERVATORY_NAME          (STR): GEOS-1
PAR OBSERVATORY_NUMBER        (INT): 1
PAR EXPERIMENT_NAME           (STR): S331
PAR EXPERIMENT_MODE           (STR): MAG
PAR INSTRUMENT_TYPE           (STR): Fluxgate Magnetometer
PAR MEASUREMENT_TYPE          (STR): B-DC Magnetic field waveform

PAR INDEX_LABEL               (STR): Time
PAR INDEX_TYPE                (STR): STR
PAR INDEX_UNITS               (STR): ISO_TIME
PAR INDEX_FORMAT              (STR): (a24)
PAR INDEX_FORM                (STR): Scalar
PAR INDEX_DIMENSION           (INT): 1
PAR INDEX_PROPERTIES          (STR): Regularly Spaced

# One uses here the index extension option: 9 more words are added to
# the time index: anomalie, Low Speed Format, Spin frequency, Euler angles,
# sens of rotation (electron or proton) and spin phase angle in S/C system
# All except phase are grouped un a single character word
# according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.

PAR INDEX_EXTENSION_LABEL      (STR): status ; Phase_angle
PAR INDEX_EXTENSION_TYPE       (STR): STR ; FLT
PAR INDEX_EXTENSION_UNITS      (STR): None ; degreee
PAR INDEX_EXTENSION_FORMAT     (STR): (a44,1x,F7.2)
PAR INDEX_EXTENSION_LENGTH     (INT): 52

PAR DATA_LABEL               (STR): Bx ; By ; Bz
PAR DATA_TYPE                (STR): FLT
PAR DATA_UNITS               (STR): nT ; nT ; nT
PAR DATA_FORMAT              (STR): (3F7.1)
PAR DATA_FORM                (STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION           (INT): 3
PAR DATA_REPRESENTATION       (STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM    (STR): VDH
PAR DATA_FILL_VALUE          (INT): 0

PAR BLOCK_NUMBER              (INT): 392
PAR BLOCK_FIRST_INDEX         (STR): 1978-01-01T00:01:16.551Z
PAR BLOCK_LAST_INDEX          (STR): 1978-01-01T23:59:39.465Z

END MANDATORY_PARAMETERS
#-----

START OPTIONAL_PARAMETERS

PAR TIME_RESOLUTION           (DBL): 88.064
PAR TIME_SPAN_FROM            (STR): 1978-01-01T00:00:00.000Z
PAR TIME_SPAN_TO              (STR): 1978-01-01T23:59:59.999Z

PAR TITLE                     (STR): GEOS-1 S331 MAG
PAR SUB_TITLE                 (STR): nT in VDH system
PAR DISCIPLINE_NAME           (STR): Space and Magnetospheric Physics
PAR EXPERIMENT_PI_NAME        (STR): Franco Mariani
PAR EXPERIMENT_PI_MAIL        (STR): unknown

PAR MISSION_DESCRIPTION        (TXT): {
The GEOS research missions (GEOS-1 and -2) of ESA had the objective
to study the particles, fields and plasmas of the Earth's magnetosphere from
a geostationary orbit. The definition of the GEOS program was actually started
in the late 1960s under ESR0 (European Space Research Organization) management,
before the foundation of ESA in 1975.
The GEOS-1 spacecraft was launched on April 20, 1977 by Thor Delta vehicle
from Cape Canaveral, FLA, USA (COSPAR designation: 77-029A).
Unfortunately, a booster/separation problem meant that geostationary orbit
could not be achieved. Hence, the S/C was placed into a 12 hour final orbit
where the instruments could make the planned measurements for about 6 hours
of each revolution between 5 and 7 Earth radii with an apogee of 38475 km,
perigee of 2936 km, inclination of 26.6°, period of ~ 12 hours.
GEOS-2 was launched July 14, 1978 on a Thor-Delta vehicle from Cape Canaveral,
with an initial perigee of 36,009 km, initial apogee of 36,071 km,
inclination at 11.8°, positioned at 37° East (initially).
Source: ESA https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa }
```

```
PAR EXPERIMENT_DESCRIPTION (TXT): {
S-331 experiment is a Fluxgate Magnetometer designed/developed by CNR,
Frascati, Italy, and by NASA/GSFC. Objectives: measurement of the three
components of the DC and ULF magnetic field. The instrument was boom-mounted.
The frequency range covered by the instrument extended from dc up to 5 Hz.
In the normal orientation of the satellite, the main component of the field
coincided with the Z axis of the instrument, which was aligned with the spin axis
of the satellite. The experiment was designed with two sensitivity ranges for
the X and Y components for which the magnetic field component was only a fraction
of the total field and was modulated by the rotation of the spacecraft.
This last feature made the range switch technique preferable to a bias offset
technique.
The two selected sensitivity ranges were plus or minus 60 nT and plus or minus
180 nT respectively. Along the Z axis, where the field was higher and not modulated
by the satellite rotation, a single sensitivity range of plus or minus 60 nT was used.
Data are given in the VDH coordinates where H is close to the spin axis.
Source: https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experiment/display.action?id=1977-029A-09.}

PAR INDEX_DESCRIPTION (TXT): {
Time is given in ISO format, accepting any digits for second field as
2001-02-18T19:16:17.550Z; T and Z separators are required.}

PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP (TXT): {
The extension of the index field is used to add some auxiliary data
varying with the same rate as the index itself.
The index extension field must contain only a limited series of scalar
data; label, type and units can be different, but in accordance with the
given format.
Here, extended index contains 9 more words : anomalie, Low Speed Format,
Spin frequency, Euler angles, spin phase angle in S/C system and S/C sens
of rotation (electron or proton), all according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.}

PAR DATA_DESCRIPTION (TXT): {
Class of this file is VecTime, meaning a data vector dependant of the time.
DATA_FORM and INDEX_FORM must be Vector and Scalar. This is a temporal
series of data blocks. Each block begins with the INDEX value giving the
time (for example in ISO epoch) and INDEX_EXTENSION values. The rest of the
block is a series of values, corresponding to the vector components,
and according to the DATA_FORMAT value. Sample rate, which can be found in
CONSTANT_DATA, must be consistent with the value of time_resolution.}

PAR BLOCK_DESCRIPTION (TXT): {
A data block is composed of the index, the index extension and the data.
A block can be entirely read or written by a single operation, by using
a format composed with the concatenation of the INDEX_FORMAT, the
INDEX_EXTENSION_FORMAT, and the DATA_FORMAT.}

PAR FILE_ANOMALIES (TXT): {
None.}

PAR HISTORY (TXT): {
2019-02-25T16:05:47.561Z : Created from original CDC 60 bits binary files}

END OPTIONAL_PARAMETERS
END METADATA
#-----

START DATA
#-----
# Two categories: Constant data (one value per file), and Indexed data
# (data versus time or other INDEX)
#-----

START CONSTANT_DATA

VAR SAMPLE_RATE (DBL), u=Hz : 88.064

END CONSTANT_DATA
#-----

START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:01:16.551Z,0 023037632 0.1627895 8.10 170.14 336.99 p, 329.20, -91.7 8.0 239.5
1978-01-01T00:02:44.616Z,0 023037696 0.1627895 128.89 170.01 336.70 p, 208.13, -89.0 4.7 238.3
1978-01-01T00:04:12.681Z,0 023037760 0.1627895 249.80 169.87 336.40 p, 86.93, -91.7 7.9 236.2
1978-01-01T00:05:40.746Z,0 023037824 0.1627895 10.59 169.73 336.12 p, 325.87, -90.8 8.7 231.7
1978-01-01T00:07:08.812Z,0 023037888 0.1627895 131.57 169.60 335.84 p, 204.62, -86.6 6.1 233.0
1978-01-01T00:08:36.877Z,0 023037952 0.1627895 252.39 169.47 335.56 p, 83.53, -89.1 9.4 230.9
1978-01-01T00:10:04.942Z,0 023038016 0.1627895 13.30 169.34 335.29 p, 322.37, -86.5 10.0 228.9
1978-01-01T00:11:33.007Z,0 023038080 0.1627895 134.10 169.20 335.02 p, 201.31, -84.4 7.0 227.8
1978-01-01T00:13:01.072Z,0 023038144 0.1627895 255.01 169.07 334.76 p, 80.15, -86.8 10.3 226.1
1978-01-01T00:14:29.138Z,0 023038208 0.1627895 15.90 168.95 334.51 p, 319.02, -84.4 10.8 224.6
1978-01-01T00:15:57.203Z,0 023038272 0.1627895 136.68 168.82 334.26 p, 198.01, -82.8 7.9 223.8
1978-01-01T00:17:25.268Z,0 023038336 0.1627895 257.55 168.69 334.01 p, 76.90, -84.3 11.3 222.2
...
1978-01-01T23:50:51.074Z,2 023099968 0.1627895 215.84 170.82 338.39 p, 122.80, -97.0 19.1 241.3
1978-01-01T23:52:19.139Z,2 023100032 0.1627895 336.64 170.68 338.00 p, 1.62, -94.5 23.5 239.1
1978-01-01T23:53:47.204Z,2 023100096 0.1627895 97.33 170.54 337.63 p, 240.57, -94.1 21.1 238.6
1978-01-01T23:55:15.269Z,2 023100160 0.1627895 218.19 170.40 337.28 p, 119.38, -95.8 22.2 236.9
1978-01-01T23:56:43.334Z,2 023100224 0.1627895 339.06 170.26 336.93 p, 358.17, -92.7 25.9 234.1
1978-01-01T23:58:11.400Z,2 023100288 0.1627895 99.94 170.13 336.60 p, 236.97, -92.1 22.9 232.9
1978-01-01T23:59:39.465Z,2 023100352 0.1627895 220.76 169.99 336.28 p, 115.84, -93.8 26.7 231.4
END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE
```

E) Exemple de fichier POS VTL2.rff

```
START METADATA
#-----
# Two metadata categories: Mandatory Parameters and Optional Parameters
#-----

START MANDATORY_PARAMETERS

PAR FILE_NAME              (STR): GEOS1_POS_VTL2_19780101.rff
PAR FILE_CLASS             (STR): VecTime
PAR FILE_FORMAT_VERSION    (STR): Roproc_Format_File V 2.3
PAR FILE_CREATION_DATE     (STR): 2019-03-15T15:38:20Z

PAR MISSION_NAME           (STR): GEOS
PAR OBSERVATORY_NAME       (STR): GEOS-1
PAR OBSERVATORY_NUMBER     (INT): 1
PAR EXPERIMENT_NAME        (STR): SLOW VARYING AUX. DATA
PAR EXPERIMENT_MODE        (STR): POSITIONS
PAR INSTRUMENT_TYPE        (STR): Spacecraft attitude system
PAR MEASUREMENT_TYPE       (STR): Latitude, Longitude, Distance

PAR INDEX_LABEL            (STR): Time
PAR INDEX_TYPE             (STR): STR
PAR INDEX_UNITS            (STR): ISO_TIME
PAR INDEX_FORMAT           (STR): {a24}
PAR INDEX_FORM             (STR): Scalar
PAR INDEX_DIMENSION        (INT): 1
PAR INDEX_PROPERTIES       (STR): Regularly Spaced

# One uses here the index extension option: 10 more words are added to
# the time index:
# Low Speed Format, right ascension and declination : spin axis tilt in S/C coord.,
# Cartesian coordinates SpinX, SpinY, SpinZ in VDH system,
# Cartesian coordinates Sun_X, Sun_Y, Sun_Z in VDH system,
# Angle (Earth-Spacecraft, Sun direction); see EXT. INDEX DESCRIPTION.
# Quality factor of time, attitude, position (3 integers 0-3 in single I3.3),
# 0=Good, 1=Poor, 3=Extrapolated.
# All except Quality factor are grouped in a single character word
# according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.
# Format for aux. data is (i9,f7.2,f7.2,6(1x,f7.4),1x,i3.3).

PAR INDEX_EXTENSION_LABEL  (STR): Aux. data ; Quality factor
PAR INDEX_EXTENSION_TYPE   (STR): STR ; INT
PAR INDEX_EXTENSION_UNITS  (STR): None ; None
PAR INDEX_EXTENSION_FORMAT (STR): {a75,1x,f7.2}
PAR INDEX_EXTENSION_LENGTH (INT): 83

PAR DATA_LABEL            (STR): Latitude ; Longitude ; Distance
PAR DATA_TYPE             (STR): FLT
PAR DATA_UNITS            (STR): degree ; degree ; km
PAR DATA_FORMAT           (STR): {f7.2,f8.2,f7.0}
PAR DATA_FORM             (STR): Vector
PAR DATA_DIMENSION        (INT): 3
PAR DATA_REPRESENTATION   (STR): xyz Cartesian
PAR DATA_COORDINATE_SYSTEM (STR): GEO (Geocentric equatorial coord)
PAR DATA_FILL_VALUE       (INT): 0.

PAR BLOCK_NUMBER           (INT): 981
PAR BLOCK_FIRST_INDEX      (STR): 1978-01-01T00:01:16.551Z
PAR BLOCK_LAST_INDEX       (STR): 1978-01-01T23:59:39.465Z

END MANDATORY_PARAMETERS
#-----

START OPTIONAL_PARAMETERS

PAR TIME_RESOLUTION        (DBL): 88.065
PAR TIME_SPAN_FROM         (STR): 1978-01-01T00:00:00.000Z
PAR TIME_SPAN_TO           (STR): 1978-01-01T23:59:59.999Z

PAR TITLE                  (STR): GEOS-1 Position
PAR SUB_TITLE              (STR): Lat, Long, Dist. in GEO system
PAR DISCIPLINE_NAME        (STR): Space and Magnetospheric Physics
PAR EXPERIMENT_PI_NAME     (STR): ESA
PAR EXPERIMENT_PI_MAIL     (STR): unknown
```

```

PAR MISSION_DESCRIPTION      (TXT): {
The GEOS research missions (GEOS-1 and -2) of ESA had the objective
to study the particles, fields and plasmas of the Earth's magnetosphere from
a geostationary orbit. The definition of the GEOS program was actually started
in the late 1960s under ESRO (European Space Research Organization) management,
before the foundation of ESA in 1975.
The GEOS-1 spacecraft was launched on April 20, 1977 by Thor Delta vehicle
from Cape Canaveral, FLA, USA (COSPAR designation: 77-029A).
Unfortunately, a booster/separation problem meant that geostationary orbit
could not be achieved. Hence, the S/C was placed into a 12 hour final orbit
where the instruments could make the planned measurements for about 6 hours
of each revolution between 5 and 7 Earth radii with an apogee of 38475 km,
perigee of 2936 km, inclination of 26.6°, period of ~ 12 hours.
GEOS-2 was launched July 14, 1978 on a Thor-Delta vehicle from Cape Canaveral,
with an initial perigee of 36,009 km, initial apogee of 36,071 km,
inclination at 11.8°, positioned at 37° East (initially).
Source: ESA  https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/geos-esa.}

PAR EXPERIMENT_DESCRIPTION   (TXT): {
Attitude measurements were obtained by a sun sensor, dual infrared earth sensor,
and accelerometers.
Source: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/esa-geos.htm.}

PAR INDEX_DESCRIPTION        (TXT): {
Time is given in ISO format, accepting any digits for second field as
2001-02-18T19:16:17.550Z; T and Z separators are required.}

PAR INDEX_EXTENSION_DESCRIP  (TXT): {
The extension of the index field is used to add some auxiliary data
varying with the same rate as the index itself.
The index extension field must contain only a limited series of scalar
data; label, type and units can be different, but in accordance with the
given format.
Here 10 more words are added to the time index:
-Low Speed Format, right ascension and declination of the spin axis in S/C system,
-Cartesian coordinates of the spin axis SpinX, SpinY, SpinZ in VDH ,
-Cartesian coordinates of the sun direction from Earth center in VDH,
-Angle (Earth-Spacecraft, Earth-Sun direction). All angles in degrees.
Reference: specification of experimenters' tapes, ESA JA/JA/11 1976-12-28.
All data according INDEX_EXTENSION_FORMAT format.}

PAR DATA_DESCRIPTION        (TXT): {
Class of this file is VecTime, meaning a data vector dependant of the time.
DATA_FORM and INDEX_FORM must be Vector and Scalar. This is a temporal
series of data blocks. Each block begins with the INDEX value giving the
time (for example in ISO epoch) and INDEX_EXTENSION values. The rest of the
block is a series of values, corresponding to the vector components,
and according to the DATA_FORMAT value. Sample rate, which can be found in
CONSTANT_DATA, must be consistent with the value of time_resolution.}

PAR BLOCK_DESCRIPTION        (TXT): {
A data block is composed of the index, the index extension and the data.
A block can be entirely read or written by a single operation, by using
a format composed with the concatenation of the INDEX_FORMAT, the
INDEX_EXTENSION_FORMAT, and the DATA_FORMAT.}

PAR FILE_ANOMALIES           (TXT): {
None.}

PAR HISTORY                   (TXT): {
2019-03-15T15:38:20.114Z : Created from original CDC 60 bits binary files}

END OPTIONAL_PARAMETERS
END METADATA
#-----

START DATA
#-----
# Two categories: Constant data (one value per file), and Indexed data
# (data versus time or other INDEX)
#-----

START CONSTANT_DATA

VAR SAMPLE_RATE              (DBL), u=Hz      : 88.065

END CONSTANT_DATA
#-----

```

```

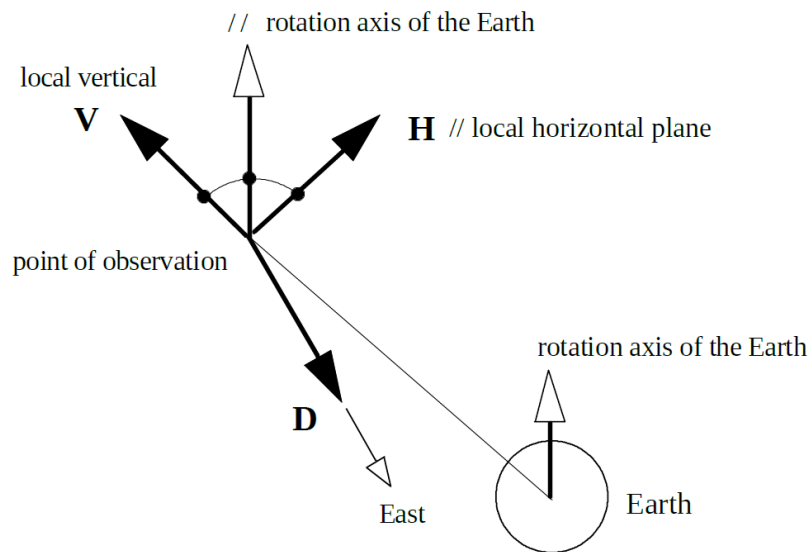
START INDEXED_DATA
1978-01-01T00:01:16.551Z, 23037632 0.00 2.25 -0.0668 -0.1573 -0.9851 -0.6644 0.7344 -0.1376 333, 48.35, 23.53 52.90 36420.
1978-01-01T00:02:44.616Z, 23037696 0.00 2.26 -0.0685 -0.1591 -0.9847 -0.6608 0.7374 -0.1386 333, 48.63, 23.59 52.84 36560.
1978-01-01T00:04:12.681Z, 23037760 0.00 2.26 -0.0703 -0.1609 -0.9843 -0.6573 0.7404 -0.1396 333, 48.90, 23.64 52.79 36700.
1978-01-01T00:05:40.746Z, 23037824 0.00 2.26 -0.0720 -0.1627 -0.9839 -0.6538 0.7433 -0.1405 333, 49.16, 23.70 52.73 36840.
1978-01-01T00:07:08.812Z, 23037888 0.00 2.25 -0.0738 -0.1644 -0.9834 -0.6503 0.7462 -0.1415 333, 49.42, 23.75 52.66 36980.
1978-01-01T00:08:36.877Z, 23037952 0.00 2.24 -0.0755 -0.1662 -0.9830 -0.6469 0.7490 -0.1424 333, 49.68, 23.81 52.60 37120.
1978-01-01T00:10:04.942Z, 23038016 0.00 2.23 -0.0772 -0.1679 -0.9826 -0.6435 0.7517 -0.1434 333, 49.94, 23.86 52.52 37250.
1978-01-01T00:11:33.007Z, 23038080 0.00 2.22 -0.0790 -0.1695 -0.9822 -0.6401 0.7544 -0.1443 333, 50.19, 23.92 52.45 37380.
1978-01-01T00:13:01.072Z, 23038144 0.00 2.20 -0.0807 -0.1712 -0.9817 -0.6367 0.7571 -0.1453 333, 50.44, 23.97 52.37 37520.
1978-01-01T00:14:29.138Z, 23038208 0.00 2.18 -0.0824 -0.1728 -0.9813 -0.6334 0.7597 -0.1462 333, 50.69, 24.03 52.29 37650.
1978-01-01T00:15:57.203Z, 23038272 0.00 2.16 -0.0841 -0.1744 -0.9809 -0.6301 0.7623 -0.1472 333, 50.93, 24.08 52.21 37780.
1978-01-01T00:17:25.268Z, 23038336 0.00 2.14 -0.0858 -0.1760 -0.9804 -0.6268 0.7648 -0.1481 333, 51.18, 24.13 52.13 37900.
1978-01-01T00:18:53.333Z, 23038400 0.00 2.12 -0.0875 -0.1776 -0.9800 -0.6235 0.7673 -0.1491 333, 51.42, 24.18 52.04 38030.

...

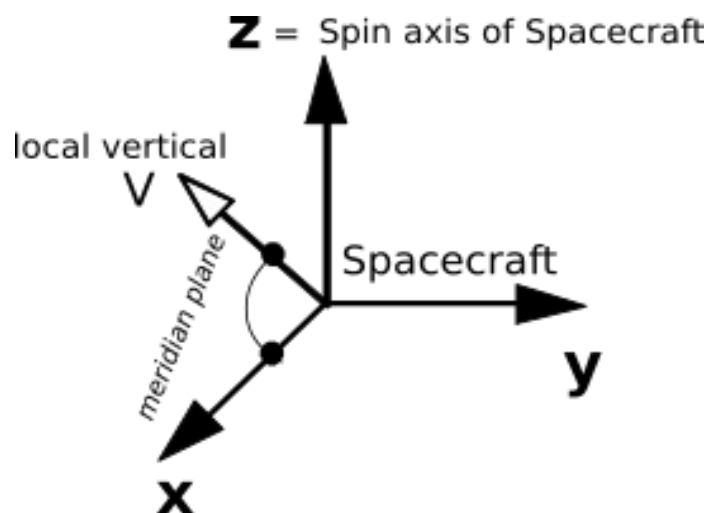
1978-01-01T23:47:54.944Z, 23099840 0.00 2.84 -0.0548 -0.1443 -0.9878 -0.7015 0.7015 -0.1244 312, 45.44, 23.15 53.26 35390.
1978-01-01T23:49:23.009Z, 23099904 0.00 2.79 -0.0567 -0.1462 -0.9874 -0.6980 0.7048 -0.1251 312, 45.72, 23.22 53.21 35540.
1978-01-01T23:50:51.074Z, 23099968 0.00 2.74 -0.0586 -0.1481 -0.9871 -0.6946 0.7081 -0.1258 312, 45.99, 23.28 53.16 35690.
1978-01-01T23:52:19.139Z, 23100032 0.00 2.69 -0.0605 -0.1499 -0.9867 -0.6912 0.7113 -0.1266 312, 46.27, 23.35 53.11 35840.
1978-01-01T23:53:47.204Z, 23100096 0.00 2.65 -0.0624 -0.1517 -0.9863 -0.6877 0.7145 -0.1273 312, 46.54, 23.42 53.05 35980.
1978-01-01T23:55:15.269Z, 23100160 0.00 2.60 -0.0643 -0.1535 -0.9859 -0.6843 0.7176 -0.1281 312, 46.80, 23.48 52.99 36130.
1978-01-01T23:56:43.334Z, 23100224 0.00 2.56 -0.0661 -0.1553 -0.9855 -0.6810 0.7207 -0.1289 312, 47.07, 23.54 52.93 36280.
1978-01-01T23:58:11.400Z, 23100288 0.00 2.51 -0.0679 -0.1571 -0.9851 -0.6776 0.7237 -0.1297 312, 47.33, 23.61 52.87 36420.
1978-01-01T23:59:39.465Z, 23100352 0.00 2.47 -0.0698 -0.1589 -0.9846 -0.6742 0.7267 -0.1305 312, 47.60, 23.67 52.81 36560.
END INDEXED_DATA
END DATA
END ROPROC_FORMAT_FILE

```

F) Rappel de la définition du repère VDH



G) Définition du repère SRV

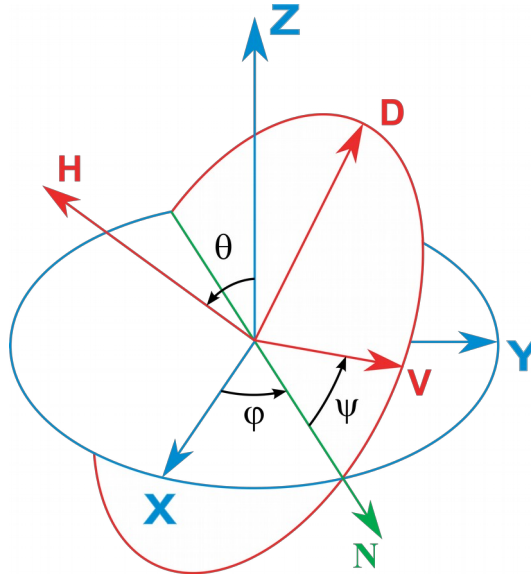


Dans le repère SRV l'axe Z est aligné avec l'axe de spin, tandis que X est dans le plan du méridien géographique (H,V) du repère VDH

H) Définition des angles d'Euler et matrices de passage VDH-SRV

1. Définition des angles d'Euler

Les angles d'Euler permettent le calcul du passage entre le repère des antennes tournantes et le repère VDH de référence. Ils sont définis selon le schéma ci-dessous :



Le repère VDH est le système fixe, dans lequel on définit le système en rotation XYZ au moyen des 3 angles d'Euler : φ est la précession, θ la nutation et ψ la rotation propre, encore appelée giration.

2. Matrices de rotation

Le passage du repère XYZ au repère VDH se fait au moyen de 3 rotations :

- une rotation A autour de Z (axe de spin) et d'angle φ amène X sur l'axe des nœuds N, soit X'
- une rotation B autour de N et d'angle θ amène Z sur H, soit Z'
- une rotation C autour de Z' et d'angle ψ amène X' sur V

La matrice de passage du XYZ à VDH est donc le produit $R=CBA$ suivant :

$$R = \begin{pmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

et sous forme développée A

$$R = \begin{pmatrix} \cos \psi \cos \varphi - \sin \psi \cos \theta \sin \varphi & -\cos \psi \sin \varphi - \sin \psi \cos \theta \cos \varphi & \sin \psi \sin \theta \\ \sin \psi \cos \varphi + \cos \psi \cos \theta \sin \varphi & -\sin \psi \sin \varphi + \cos \psi \cos \theta \cos \varphi & -\cos \psi \sin \theta \\ \sin \theta \sin \varphi & \sin \theta \cos \varphi & \cos \theta \end{pmatrix}$$

La matrice inverse est $R^{-1} = A^{-1}B^{-1}C^{-1}$ et l'inverse de chacune des matrices se calcule simplement en changeant le signe de l'angle. Mais il est beaucoup plus simple de prendre directement la matrice transposée.

3. Passage des données UBF calibrées en repère tournant au repère SRV

La rotation A précédente autour de Z et d'angle φ amène X sur l'axe des nœuds N. Pour que le nouvel axe X soit dans le plan du méridien géographique, soit le plan (V,H), il faut appliquer une seconde rotation toujours autour de l'axe de spin Z, et d'un angle ρ à calculer.

Pour calculer ρ , on calcule la projection de l'axe V dans le repère NY'Z, on applique donc au vecteur V le produit de matrice $B^{-1}C^{-1}$. Le calcul donne pour cette projection V' le résultat suivant :

$$\begin{aligned}V'_x &= \cos\psi \\V'_y &= -\cos\theta \sin\psi \\V'_z &= \sin\theta \sin\psi\end{aligned}$$

Et on déduit l'angle de rotation ρ par :

$$\begin{aligned}\sin\rho &= -\cos\theta \sin\psi \\ \cos\rho &= \cos\psi\end{aligned}$$

4. Passage des données du magnétomètre au repère SRV

Ce passage se fait simplement en appliquant les rotations suivantes :

- une première rotation autour de H et d'angle ψ amène V sur l'axe des nœuds N,
- une seconde rotation autour de N et d'angle θ amène H sur Z qui est l'axe de spin.
- une troisième rotation autour de Z (spin) et d'angle ρ amène X dans le plan méridien VH

Cette transformation a été utilisée pour faire les comparaisons entre les composantes perpendiculaires du champs continu mesuré par les search-coil et les mesures du magnétomètre.

4. Références

- [1] GEOS data processing - Specification of experimenter's tapes.
ESOC JA/JA/11 28/12/1976
- [2] The Roproc File Format - A dedicated file format for vectorial data processing.
By Patrick Robert, CNRS/CETP, Version 2.3, April 2015
ftp://ftp.lpp.polytechnique.fr/robert/keep/Biblio_et_CV/Working_documents/2015_Robert_The_Roproc_File_Format_V2p3.pdf
- [3] Les commandes RCL pour le traitement de masse des données de CLUSTER/STAFF-SC
Par Patrick Robert, CNRS/LPP, V3.0, 2015-04-16
ftp://ftp.lpp.polytechnique.fr/robert/keep/Biblio_et_CV/Working_documents/2015_Robert_Les_commandes_RCL_V3p0.pdf
- [4] Measurement by the S300 experiment of two composants of the DC magnetic field, DTCRPE,
Patrick Robert, CRPE, CNET/ETE, 1979
ftp://ftp.lpp.polytechnique.fr/robert/keep/Biblio_et_CV/Working_documents/1979_Robert_DTCRPE_Measurement_by_S300_of_2_comp_DC_field.pdf