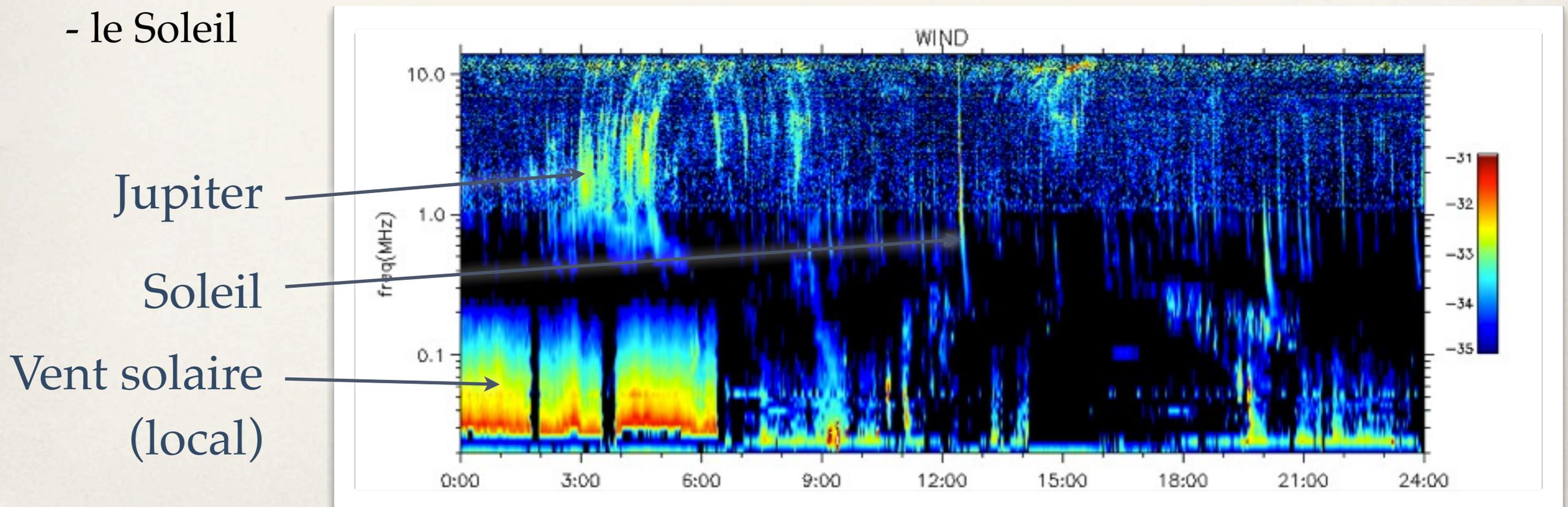


# Prototype d'outil OV pour la radioastronomie basse fréquence

B. Cecconi (CDPP & Obs Paris, LESIA) & S. Hess (LATMOS)

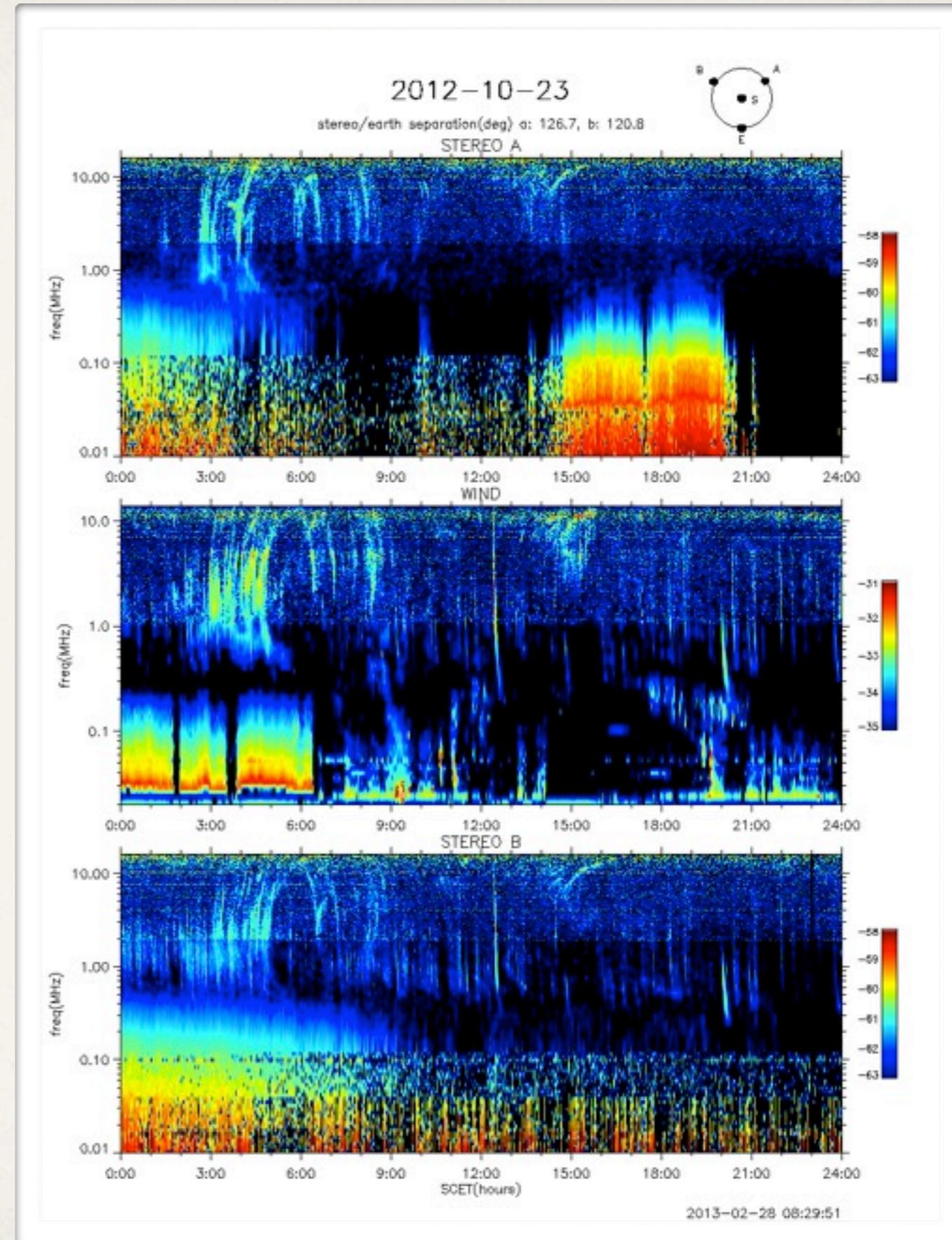
# Données radio basse fréquence

- ❖ Gamme de fréquence:
  - quelques kHz à ~50 MHz
- ❖ Sources système solaire:
  - planètes magnétisées (émissions aurorales)
  - le Soleil
- ❖ Données:
  - type de données: spectre dynamique
  - paramètres principaux: densité de flux, taux de polarisation



# Données radio basse fréquence

- ❖ Emissions sporadiques et variables en temps
- ❖ Emissions radio pas isotropes ! Géométrie observateur / source doit être prise en compte
- ❖ Forme temps-fréquence est caractéristique de la physique de l'émission (pas des raies à fréquence fixe!)



# Base de données existantes

---

- ❖ Données d'observation radio spatiales:

<i>Agence</i>	<i>Objectif</i>	<i>Archive/format</i>	<i>Missions</i>	<i>Accès</i>
NASA	<i>planétaires</i>	<i>PDS (FITS, ascii...)</i>	<i>Voyager, Galileo, Cassini, JUNO</i>	<i>HTTP, FTP</i>
NASA	<i>Soleil-Terre</i>	<i>CDAWeb (NetCDF)</i>	<i>WIND, STEREO</i>	<i>HTTP, WSDL</i>
ESA	<i>planétaires</i>	<i>PSA(~PDS)</i>	<i>Bepi-Colombo/MPO, JUICE</i>	<i>HTTP, FTP, PDAP</i>
ESA	<i>Soleil-Terre</i>	<i>spécifique</i>	<i>Ulysses, Cluster</i>	<i>HTTP</i>
JAXA	<i>terre-planètes</i>	<i>DARTS (CDF, PDS)</i>	<i>Geotail, Bepi-Colombo/MPO</i>	<i>HTTP, PDAP</i>
CNES	<i>tous</i>	<i>CDPP (CDF, natif...)</i>	<i>Interball, Cluster, Viking(SE)</i>	<i>HTTP, WSDL, EPN-TAP</i>

- ❖ Données d'observation radio sol:

*Nançay Jupiter, Soleil Natif, VOTable, FITS Routine décimétrique HTTP, EPN-TAP*

- ❖ Standard des métadonnées de sortie: PDS3, PDS4, SPASE, CDPP...

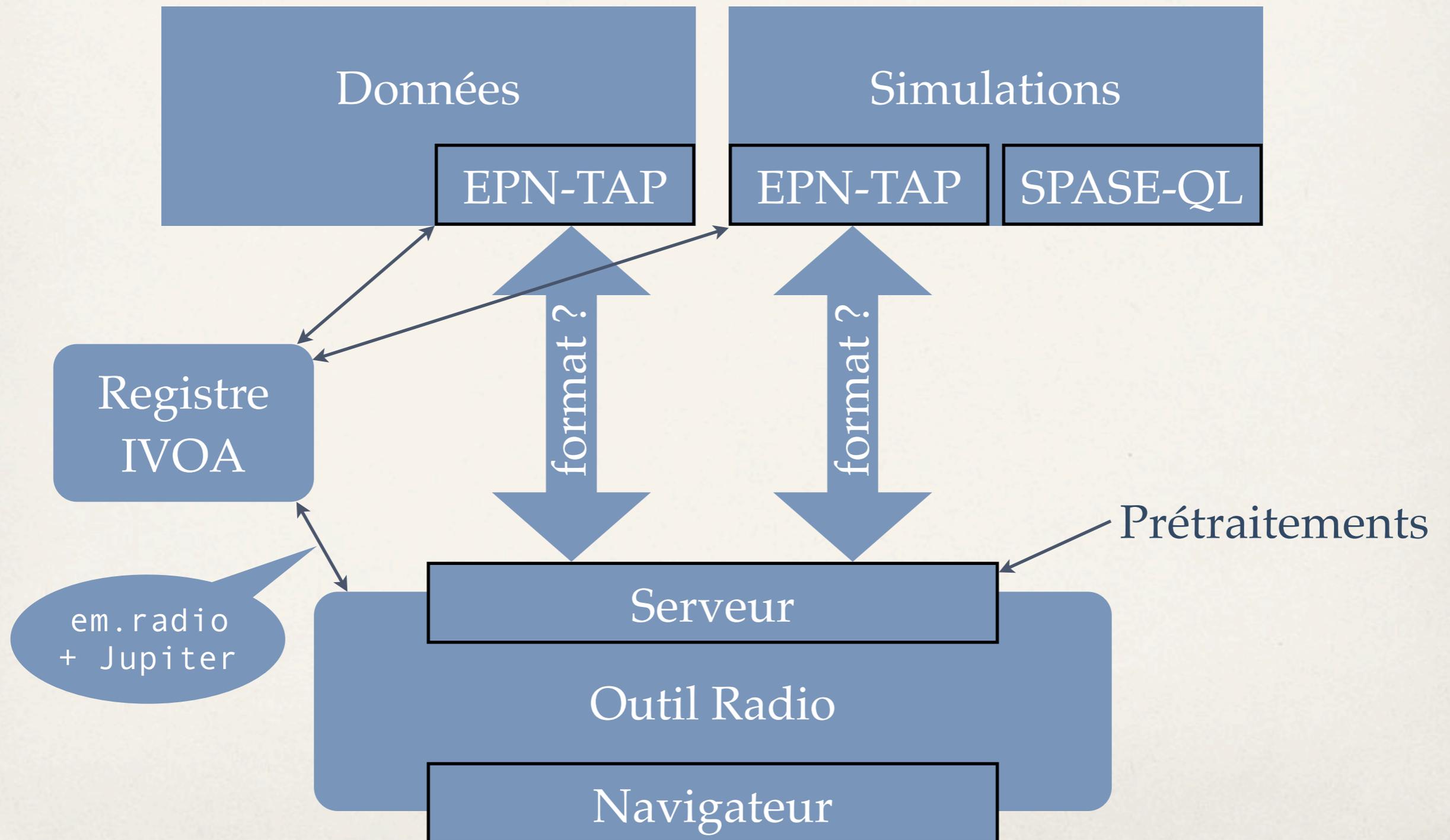
Standard des fichiers de sortie: Texte, Binaire, CDF, NetCDF, VOtable, HDF5, FITS...

- ❖ Données de simulation:

- SERPE (Simulation d'Emission Radio Planétaires et Exoplanétaires)

# Architecture (projet)

---



# Formats & Protocoles

---

- ❖ Formats possible à l'étude :
  - VOTable (étude en cours)
  - FITS
  - NetCDF
  - HDF5
  
- ❖ EPN-TAP comme protocole de recherche :
  - implémenté:
    - Nançay (données routine du réseau décimétrique)
    - CDPP / AMDA (par exemple: données Galileo)
  - en projet:
    - Cassini / LESIA (données radio Saturne)
    - SERPE / LESIA-LATMOS (données simulation)

# Distribution sous forme de VOTable

---

- ❖ Utilisation de Spectrum DM, des UCDs (dont ceux proposés dans:  
<http://www.ivoa.net/Documents/Notes/Polarization/20100203/NOTE-Polarization-1.0-20100203.pdf>)
- ❖ Tests avec données Nançay et Cassini
  - Nançay (format 1):  
*Spectre: 400 fréquences (10-40 MHz)*  
*Cadence: 1 spectre par seconde, en polarisation circulaire droite et gauche.*  
*VOTable: 1 colonne contient 400 valeurs.*  
*L'axe spectral (valeurs, résolution...) est défini à part dans les métadonnées de la VOtable*
  - Cassini (format 2):  
*Spectre: 150 à 300 fréquences (3 kHz-16 MHz)*  
*Cadence: 1 spectre toutes les 20 à 60 secondes (dépend de la résolution spectrale et temporelle)*  
*VOTable: 1 ligne = 1 point «temps-fréquence»*

# VOTable (format 1) (nombre fixe de fréquence)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<VOTABLE version="1.2" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:spec="http://www.ivoa.net/xml/Spectrum/Spectrum-1.01.xsd"
  xmlns="http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2"
  xsi:schemaLocation="http://www.ivoa.net/xml/Spectrum/Spectrum-1.01.xsd http://www.ivoa.net/xml/Spectrum/Spectrum-1.01.xsd
  http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2 http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2">

  <RESOURCE name="Nancay DAM Jupiter data (2012-10-31)">
    <DESCRIPTION>
      <![CDATA[
        Jovian radio emissions routine observations from Nancay Decameter Array, Nancay, France.
        Website: http://www.obs-nancay.fr
        EPN-TAP server: http://vogate.obs-nancay.fr/__system__/tap/run/tap
        EPN-TAP Database Name: dam.epn_core

        This dataset contains two series of dynamic spectra recorded on each of the Nancay decameter
        sub-arrays (i.e. on Left Hand and Right Hand Polarization). The receiver is sampling from 10
        MHz to 40 MHz with 75 kHz steps on the spectral axis. It records one spectrum every second on
        each polarization. The list of observation frequencies is provided.
      ]]>
    </DESCRIPTION>
    <GROUP ID="freq_table" utype="spec:Char.SpectralAxis">
      <PARAM value="Frequency" datatype="char" arraysize="*" name="Spectral Axis Name"
        utype="spec:Char.SpectralAxis.Name"/>
      <PARAM datatype="int" name="Number of Frequencies" ucd="meta.number" value="400"
        utype="spec:Length"/>
      <PARAM value="10.0000" datatype="float" name="Minimum Frequency" unit="MHz"
        ucd="em.freq" utype="spec:Char.SpectralAxis.Coverage.Bounds.Range.Min"/>
      <PARAM value="40.0000" datatype="float" name="Maximum Frequency" unit="MHz"
        ucd="em.freq" utype="spec:Char.SpectralAxis.Coverage.Bounds.Range.Max"/>
      <PARAM datatype="float" name="Frequency" unit="MHz" ucd="em.freq" arraysize="400"
        utype="spec:Char.SpectralAxis.Coverage.Location.Value"
        value="10.0000 10.0750 10.1500 10.2250 10.3000 10.3750 10.4500 10.5250
        10.6000 10.6750 10.7500 10.8250 10.9000 10.9750 11.0500 11.1250 11.2000
        11.2750 11.3500 11.4250 11.5000 11.5750 11.6500 11.7250 11.8000 11.8750
        11.9500 12.0250 12.1000 12.1750 12.2500 12.3250 12.4000 12.4750 12.5500
        12.6250 12.7000 12.7750 12.8500 12.9250 13.0000 13.0750 13.1500 13.2250
        13.3000 13.3750 13.4500 13.5250 13.6000 13.6750 13.7500 13.8250 13.9000
        13.9750 14.0500 14.1250 14.2000 14.2750 14.3500 14.4250 14.5000 14.5750
```

ID=«freq\_table»

spectrum DM

liste des fréquences

# VOTable (format 1) (nombre fixe de fréquence)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<VOTABLE version="1.2" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:spec="http://www.ivoa.net/xml/Spectrum/Spectrum-1.01.xsd"
  xmlns="http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2"
  xsi:schemaLocation="http://www.ivoa.net/xml/Spectrum/Spectrum-1.01.xsd http://www.ivoa.net/xml/Spectrum/Spectrum-1.01.xsd
  http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2 http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2">

  <RESOURCE name="Nancay DAM Jupiter data (2012-10-31)">
    <DESCRIPTION>
      <![CDATA[
        Jovian radio emissions routine observations from Nancay Decameter Array, Nancay, France.
        Website: http://www.obs-nancay.fr
        EPN-TAP server: http://vog
        EPN-TAP Database Name: dam

        This dataset contains two
        sub-arrays (i.e. on Left H
        MHz to 40 MHz with 75 kHz
        each polarization. The lis
        ]]>
    </DESCRIPTION>
    <GROUP ID="freq_table" uty
      <PARAM value="Frequenc
        utype="spec:Char.S
      <PARAM datatype="int"
        utype="spec:Length
      <PARAM value="10.0000"
        ucd="em.freq" utyp
      <PARAM value="40.0000"
        ucd="em.freq" utyp
      <PARAM datatype="float
        utype="spec:Char.S
        value="10.0000 10.
        10.6000 10.6750 10
        11.2750 11.3500 11
        11.9500 12.0250 12
        12.6250 12.7000 12
        13.3000 13.3750 13
        13.9750 14.0500 14
```

```
<TABLE name="Left Hand Polarization Data Table">
  <FIELD datatype="double" name="Time (Julian Day)" ucd="time.epoch" xtype="julianDay"
    unit="d"/>
  <FIELD datatype="char" arraysize="24" name="Time (ISO)" ucd="time.epoch"
    xtype="dateTime"/>
  <FIELD datatype="float" arraysize="400" name="Spectral Power Density" ref="freq_table"
    unit="dB(V2/Hz)" ucd="phot.flux.density;phys.polarization.circular.LL;em.radio"/>
  <FIELD datatype="unsignedByte" arraysize="1" ucd="meta.code" name="code"/>
  <DATA>
    <BINARY>
      <STREAM/>
    </BINARY>
  </DATA>
</TABLE>
<TABLE name="Right Hand Polarization Data Table">
  <FIELD datatype="double" name="Time (Julian Day)" ucd="time.epoch" xtype="julianDay"
    unit="d"/>
  <FIELD datatype="char" arraysize="24" name="Time (ISO)" ucd="time.epoch"
    xtype="dateTime"/>
  <FIELD datatype="float" arraysize="400" name="Spectral Power Density" ref="freq_table"
    unit="dB(V2/Hz)" ucd="phot.flux.density;phys.polarization.circular.LL;em.radio"/>
  <FIELD datatype="unsignedByte" arraysize="1" ucd="meta.code" name="code"/>
  <DATA>
    <BINARY>
      <STREAM/>
    </BINARY>
  </DATA>
</TABLE>
```

ref=«freq\_table»

UCDs

# VOTable (format 1)

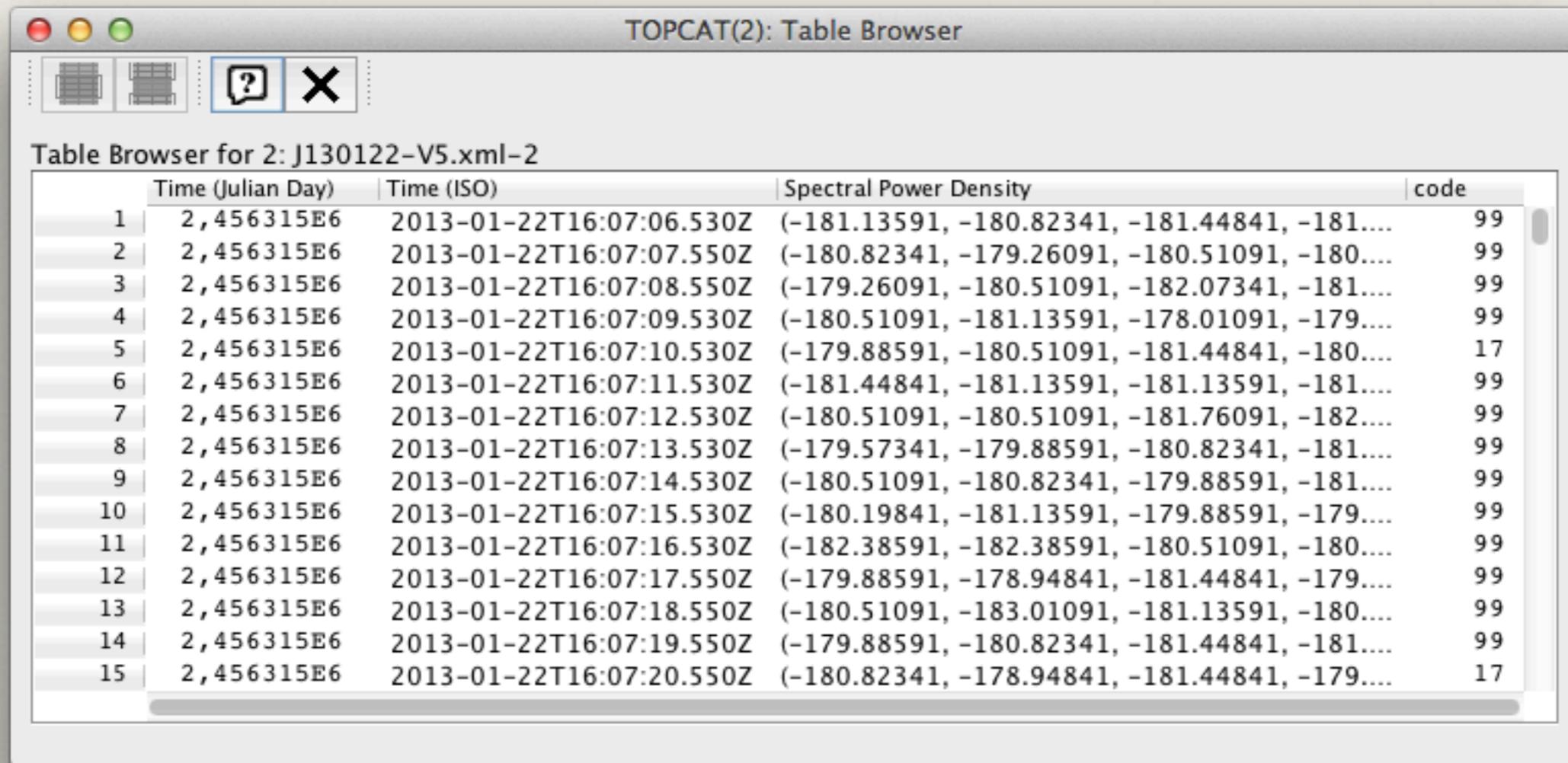
## (nombre fixe de fréquence)

---

- ❖ Spécification:
  - on doit déclarer un `<GROUP ID=«freq_table»>` qui contient l'information de l'axe spectral (min, max, valeurs, résolution...) avec utilisation du Spectrum DM pour les uTypes.
  - chaque ligne de la table correspond à un temps d'observation
  - chaque colonne (FIELD) contenant un spectre fait référence à la définition de l'axe spectral (`ref=«freq_table»`). On peut avoir autant de colonne que d'observables.
  - Encodage base64 recommandé mais pas obligatoire.
- ❖ Avantages:
  - on garde la structure spectrale des données
- ❖ Inconvénients:
  - TOPCAT ne sait pas traiter les colonnes contenant plusieurs valeurs.

# VOTable (format 1) (nombre fixe de fréquence)

---



TOPCAT(2): Table Browser

Table Browser for 2: J130122-V5.xml-2

	Time (Julian Day)	Time (ISO)	Spectral Power Density	code
1	2,456315E6	2013-01-22T16:07:06.530Z	(-181.13591, -180.82341, -181.44841, -181....	99
2	2,456315E6	2013-01-22T16:07:07.550Z	(-180.82341, -179.26091, -180.51091, -180....	99
3	2,456315E6	2013-01-22T16:07:08.550Z	(-179.26091, -180.51091, -182.07341, -181....	99
4	2,456315E6	2013-01-22T16:07:09.530Z	(-180.51091, -181.13591, -178.01091, -179....	99
5	2,456315E6	2013-01-22T16:07:10.530Z	(-179.88591, -180.51091, -181.44841, -180....	17
6	2,456315E6	2013-01-22T16:07:11.530Z	(-181.44841, -181.13591, -181.13591, -181....	99
7	2,456315E6	2013-01-22T16:07:12.530Z	(-180.51091, -180.51091, -181.76091, -182....	99
8	2,456315E6	2013-01-22T16:07:13.530Z	(-179.57341, -179.88591, -180.82341, -181....	99
9	2,456315E6	2013-01-22T16:07:14.530Z	(-180.51091, -180.82341, -179.88591, -181....	99
10	2,456315E6	2013-01-22T16:07:15.530Z	(-180.19841, -181.13591, -179.88591, -179....	99
11	2,456315E6	2013-01-22T16:07:16.530Z	(-182.38591, -182.38591, -180.51091, -180....	99
12	2,456315E6	2013-01-22T16:07:17.550Z	(-179.88591, -178.94841, -181.44841, -179....	99
13	2,456315E6	2013-01-22T16:07:18.550Z	(-180.51091, -183.01091, -181.13591, -180....	99
14	2,456315E6	2013-01-22T16:07:19.550Z	(-179.88591, -180.82341, -181.44841, -181....	99
15	2,456315E6	2013-01-22T16:07:20.550Z	(-180.82341, -178.94841, -181.44841, -179....	17

# VOTable (format 2)

(nombre variable de fréquence)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<VOTABLE xmlns="http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2"
  xmlns:spase="http://www.spase-group.org/data/schema"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.spase-group.org/data/schema http://www.spase-group.org/data/schema/spase-2_2_1.xsd
  http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2 http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2">
  <RESOURCE name="loc_3A_SPV_2008268.18">
    <TABLE>
      <DESCRIPTION><![CDATA[SKR Location data file from Cassini/RPWS/HFR 3 Antenna GP data. SPV Magnetic Field
model. Source files: P2008268.18[N2], N3b_dsq2008268.18[N3b], loc_3A_SPV_2008268.18[loc]. The data set contains 17 fields:
time (ISO-8601), frequency (kHz), Antenna configuration code, SNR on Channel 1 (dB), SNR on Channel 2 (dB), Stokes S
(power density in V^2/Hz), Stokes Q (linear polarization degree, in percent), Stokes U (linear polarization degree, in
percent), Stokes V (circular polarization degree, in percent), Cartesian coordinates of source in Saturn Solar Equatorial
frame (in Saturn Radii, Rs), Spherical coordinates of source magnetic footprint (radial distance in Rs, latitude and
(sub-solar) longitude in degrees), source beaming angle (in degrees), quality parameter distance (best data are for
distance = 0).]]></DESCRIPTION>
      <GROUP name="Time Range" utype="spase:Catalog/TimeSpan">
        <PARAM arraysizes="*" datatype="char" name="Catalog Start Time" ucd="time.start"
          utype="spase:Catalog/TimeSpan/StartDate" value="2008-09-24T18:00:00.000Z"
          xtype="dateTime"/>
        <PARAM arraysizes="*" datatype="char" name="Catalog Stop Time" ucd="time.stop"
          utype="spase:Catalog/TimeSpan/StopDate" value="2008-09-24T18:59:99.999Z"
          xtype="dateTime"/>
      </GROUP>
      <GROUP name="Contact" ucd="meta.id">
        <PARAM arraysizes="*" datatype="char" name="Name" utype="spase:Person/PersonName"
          value="Baptiste Cecconi"/>
        <PARAM arraysizes="*" datatype="char" name="SPASE Person ID"
          utype="spase:Person/ResourceID" value="spase://SMWG/Person/Baptiste.Cecconi"/>
      </GROUP>
      <PARAM arraysizes="*" datatype="char" name="CreateDate" ucd="time.creation"
        value="2011-02-29T15:44:00.000Z" xtype="dateTime"/>
      <PARAM arraysizes="*" datatype="char" name="ModifyDate" value="2011-02-29T18:40:00.000Z"
        xtype="dateTime"/>
      <FIELD arraysizes="*" datatype="char" name="time" ucd="time.epoch" xtype="dateTime">
        <DESCRIPTION>Cassini SCET</DESCRIPTION>
        <VALUES null="0000-00-00T00:00:00.000Z"/>
      </FIELD>
      <FIELD datatype="float" name="frequency" ucd="em.freq" unit="kHz" utype="">
        <DESCRIPTION>Frequency of Observation</DESCRIPTION>
        <VALUES null="0.0"/>
      </FIELD>
      <FIELD datatype="int" name="antenna_code" ucd="meta.id" unit="none" utype="">
        <DESCRIPTION>Antenna combination code</DESCRIPTION>
        <VALUES null="-1"/>
      </FIELD>
      <FIELD datatype="float" name="snr_channel_1" ucd="stat.snr" unit="dB" utype="">
        <DESCRIPTION>SNR on Channel 1</DESCRIPTION>
        <VALUES null="NaN"/>
      </FIELD>
      <FIELD datatype="float" name="snr_channel_2" ucd="stat.snr" unit="dB" utype="">
        <DESCRIPTION>SNR on channel 2</DESCRIPTION>
```

*SPASE descriptors*

*colonne temps*

*colonne fréquence*

*autres paramètres*

# VOTable (format 2)

(nombre variable de fréquence)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<VOTABLE xmlns="http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2"
  xmlns:spase="http://www.spase-group.org/data/schema"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.spase-group.org/data/schema http://www.spase-group.org/data/schema/spase-2_2_1.xsd
http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.2"
  <RESOURCE name="loc_3A_SPV_2008"
    <TABLE>
      <DESCRIPTION><![CDATA[
model. Source files: P2008268.18[N
time (ISO-8601), frequency (kHz),
(power density in V^2/Hz), Stokes
percent), Stokes V (circular polar
frame (in Saturn Radii, Rs), Spher
(sub-solar) longitude in degrees),
distance = 0).]]></DESCRIPTION>
      <GROUP name="Time Rang"
        <PARAM arraysize="*"
          utype="spase:C
          xtype="dateTim
        <PARAM arraysize="*"
          utype="spase:C
          xtype="dateTim
      </GROUP>
      <GROUP name="Contact"
        <PARAM arraysize="*"
          value="Baptist
        <PARAM arraysize="*"
          utype="spase:P
      </GROUP>
      <PARAM arraysize="*" d
        value="2011-02-29T
      <PARAM arraysize="*" d
        xtype="dateTime"/>
      <FIELD arraysize="*" d
        <DESCRIPTION>Cassi
        <VALUES null="0000
      </FIELD>
      <FIELD datatype="float"
        <DESCRIPTION>Frequ
        <VALUES null="0.0"
      </FIELD>
      <FIELD datatype="int"
        <DESCRIPTION>Anten
        <VALUES null="-1"/
      </FIELD>
      <FIELD datatype="float"
        <DESCRIPTION>SNR o
        <VALUES null="NaN"
      </FIELD>
      <FIELD datatype="float"
        <DESCRIPTION>SNR o
      </FIELD>
    </TABLE>
  </RESOURCE>
  <FIELD datatype="float" name="r_foot" ucd="pos.bodyrc.alt" unit="km" utype="">
    <DESCRIPTION>Magnetic footprint location of radiosource in Saturn Solar Equatorial
    coordinate (SSQ) (radial component)</DESCRIPTION>
    <VALUES null="NaN"/>
  </FIELD>
  <FIELD datatype="float" name="lat_foot" ucd="pos.bodyrc.lat" unit="deg" utype="">
    <DESCRIPTION>Magnetic footprint location of radiosource in Saturn Solar Equatorial
    coordinate (SSQ) (latitudinal component)</DESCRIPTION>
    <VALUES null="NaN"/>
  </FIELD>
  <FIELD datatype="float" name="long_foot" ucd="pos.bodyrc.long" unit="deg" utype="">
    <DESCRIPTION>Magnetic footprint location of radiosource in Saturn Solar Equatorial
    coordinate (SSQ) (longitudinal component)</DESCRIPTION>
    <VALUES null="NaN"/>
  </FIELD>
  <FIELD datatype="float" name="beam_opening" ucd="pos.posAng" unit="deg" utype="">
    <DESCRIPTION>Measured opening angle of the radio source beaming
    pattern</DESCRIPTION>
    <VALUES null="NaN"/>
  </FIELD>
  <FIELD datatype="float" name="dist" ucd="pos.distance" unit="km" utype="">
    <DESCRIPTION>Straight light propagation distance to iso-Fc surface. Iso-Fc surface
    is the set of locations where the local Cyclotron frequency (Fc) is equals to
    the observation frequency. Zero value means that ray intersects iso-Fc
    surface.</DESCRIPTION>
    <VALUES null="NaN"/>
  </FIELD>
  <DATA>
    <TABLEDATA>
      <TR>
        <TD>2008-09-24T18:00:11.140Z</TD>
        <TD>3.68560</TD>
        <TD>11</TD>
        <TD>19.4803</TD>
        <TD>21.6288</TD>
        <TD>2.32804e-14</TD>
        <TD>-20.8362</TD>
        <TD>12.5162</TD>
        <TD>32.7757</TD>
        <TD>-0.690487</TD>
        <TD>2.03219</TD>
        <TD>5.94452</TD>
        <TD>0.902957</TD>
        <TD>83.8810</TD>
        <TD>108.766</TD>
        <TD>33.6697</TD>
        <TD>0.00000</TD>
      </TR>
    </TABLEDATA>
  </DATA>
</VOTABLE>
```

← données

# VOTable (format 2) (nombre variable de fréquence)

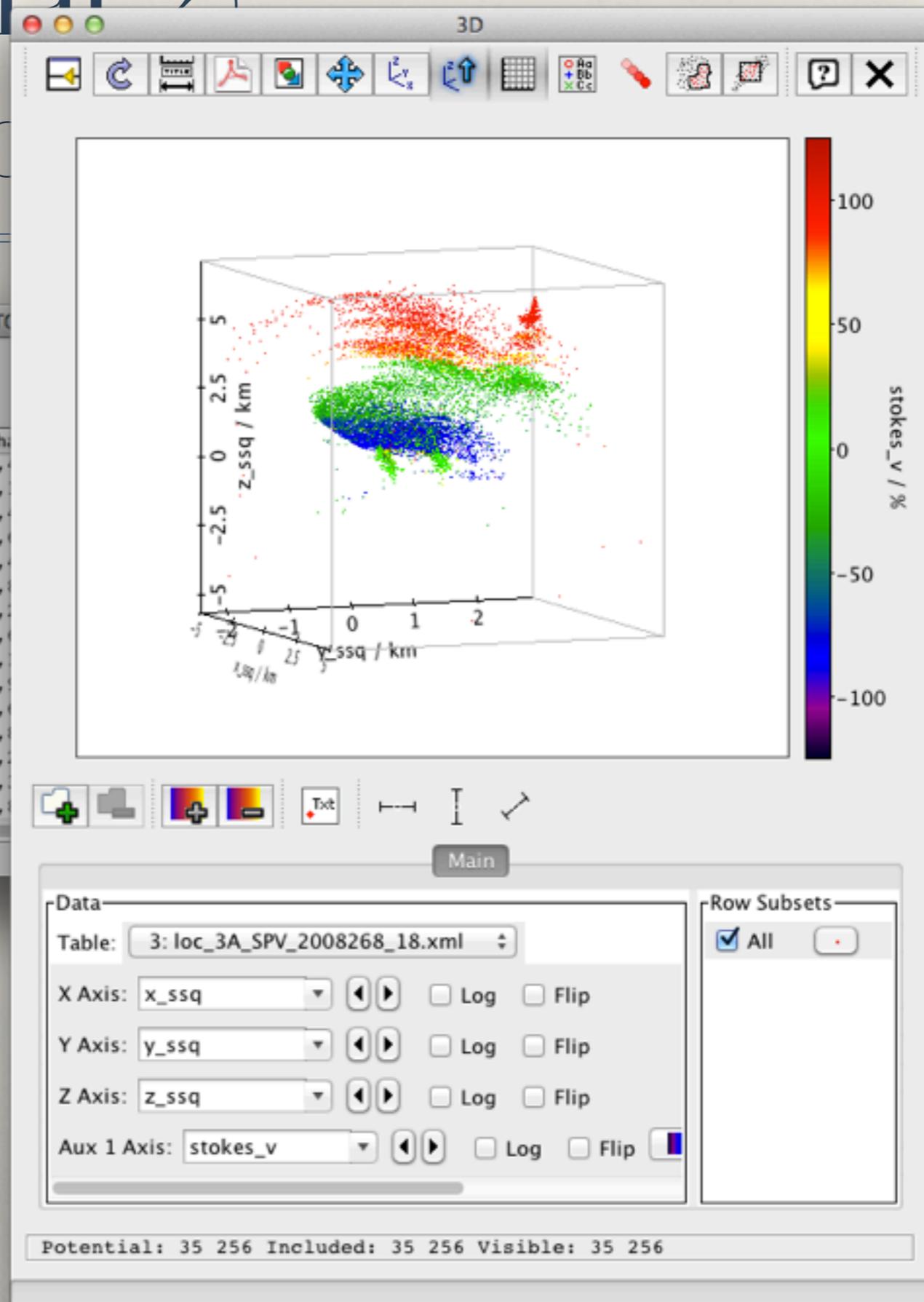
---

- ❖ Spécification:
  - chaque ligne est une mesure temps-fréquence
  - il doit y avoir une colonne temps et une colonne fréquence
- ❖ Avantages:
  - description très simple
  - TOPCAT gère très bien ce type de données.
- ❖ Inconvénients:
  - on perd partiellement la structure de mesure par spectre.

# VOTable (format 2) (nombre variable)

Table Browser for 3: loc\_3A\_SPV\_2008268\_18.xml

	time	frequency	antenn...	snr_ch
1	2008-09-24T18:00:11.140Z	3,6856	11	19,
2	2008-09-24T18:00:11.140Z	3,863	11	23,
3	2008-09-24T18:00:11.140Z	4,0489	11	21,
4	2008-09-24T18:00:11.140Z	4,2437	11	21,
5	2008-09-24T18:00:11.140Z	4,448	11	22,
6	2008-09-24T18:00:11.140Z	4,662	11	21,
7	2008-09-24T18:00:11.140Z	4,8864	11	19,
8	2008-09-24T18:00:11.140Z	5,1215	11	22,
9	2008-09-24T18:00:11.140Z	5,368	11	16,
10	2008-09-24T18:00:11.140Z	5,6263	11	17,
11	2008-09-24T18:00:11.140Z	5,8971	11	17,
12	2008-09-24T18:00:11.140Z	6,1809	11	17,
13	2008-09-24T18:00:11.140Z	6,4783	11	17,
14	2008-09-24T18:00:11.140Z	6,7901	11	16,
15	2008-09-24T18:00:11.140Z	7,1169	11	20,



# Autres formats

---

- ❖ NetCDF et HDF5:
  - Tests à venir avec formats NetCDF et HDF5 (utilisé par LOFAR)
  - Travail de définition / spécification des métadonnées dans NetCDF et HDF5 à faire.
- ❖ FITS:
  - «Flexible Image Transport System» donc plutôt orientés image
  - Spectre dynamique ~ image temps fréquence, mais grille temporelle et grille spectrale pas forcément régulière, donc pas simple.
  - Très utilisé en astro, quelques implémentations rudimentaires existent.

# Projets et Prototype(s)

---

- ❖ *Contexte: Le CDPP veut valoriser les données radio spatiales (en particulier celles archivées au CDPP). Un outil «radio» équivalent à l'outil CDPP/AMDA est dans les cartons: phase de définition en cours, financement possible d'ici 2 à 3 ans. Cet outil devra:*
  - être interopérable, multi-instrument, multi-point,
  - contenir des outils de sélection adaptés sur les différentes observables (flux, polarisation, position...)
  - permettre de corriger du temps de vol de la lumière
- ❖ *Un premier prototype:*

Portail SACRED (*Simulated Auroral Cyclotron Radio Emission Database*).

Use case: Comparaison simulation / observation, préparation missions futures...

  - Outils ViSIR (*Visualization of Spectral Information in Radio*):
    - pour l'instant accès à données locales
    - données simulations et observations au format VOTable
    - futur proche: accès à base distante (EPN-TAP) + SAMP
    - formats: VOTable (+ bientôt NetCDF)
- ❖ *démo du prototype:*

<http://sacred.latmos.ipsl.fr/ViSIR>