

## Introducción a la Astronomía de Rayos X

### Guía 01: Observaciones de rayos X: producción de listas de eventos reprocesadas

#### Introducción

A lo largo de esta guía aprenderemos a realizar búsquedas en las bases de datos de los instrumentos de rayos-X disponibles y descargar y procesar observaciones de las cámaras *EPIC* del satélite *XMM-Newton*.

#### Alternativas para la búsqueda de observaciones

Existen muchas maneras de obtener observaciones de rayos X a través de la red. Damos aquí tres opciones básicas. La primera hace uso de la base de datos de altas energías *HEASARC*, mientras que la segunda y tercera corresponden a las bases de datos específicas de los satélites *XMM-Newton* y *Chandra*. Recomendamos tomarse un tiempo para familiarizarse con las páginas web, la forma en que se presentan los datos, vistas rápidas, etcétera.

**HEASARC** → **Browse** → ingresar nombre de fuente o coordenadas y elegir misiones de rayos-X:  
<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/W3Browse/w3browse.pl>

**Base de datos de XMM-Newton (XSA)** → “Search XSA”  
<https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton/xsa>

**Base de datos de Chandra (CDA)**  
<https://cxc.cfa.harvard.edu/cda/>

**Vista rápida (quick picture)**  
**Webchaser**

<https://cda.harvard.edu/pop/>  
<https://cda.harvard.edu/chaser/>

#### Datos de *XMM-Newton*

A lo largo del curso utilizaremos datos correspondientes a observaciones realizadas con el satélite *XMM-Newton* para aprender la forma general en que se empaquetan los datos de rayos-X, la nomenclatura utilizada y los pasos a realizar para procesar y calibrar estos datos y obtener productos científicos como imágenes, curvas de luz y espectros.

Si bien los datos de *XMM-Newton* se proveen en formato *PPS* calibrados a la fecha de su obtención, durante el curso trabajaremos con los datos *crudos* en formato *ODF* que reprocesaremos con las calibraciones más actuales disponibles. Estos datos se pueden descargar comprimidos en formato *.tar.gz* por ejemplo desde XSA de manera directa o creando un usuario.

#### ODF (Observation Data Files)

Los ODF incluyen las listas de eventos crudas de las cámaras EPIC, RGS y OM, así como los archivos de descripción del estado del satélite.

Denominación de los archivos ODF:

`mmmm_iiiiijjkk_aabeeccfff.zzz`

`mmmm`: número de revolución del satélite  
`iiiiijjkk`: número de observación  
`aa`: detector (M1,M2,PN)  
`b`: observación programada (S), no-programada (U), (X) en general  
`eee`: número de exposición dentro de la observación  
`cc`: identificador del CCD  
`fff`: identificador de datos  
`zzz`: formato (FITS,ASCII)

Crear un directorio específico donde descargar los datos de las observaciones (recomendamos no utilizar espacios en los nombres de los directorios; reemplazar *ALGO* por su propio camino):

```
Ejemplo: > mkdir -p ~/ALGO/data/0013340101
```

Depositar allí los datos *ODF* descargados de *XSA* o *HEASARC*:

```
Ejemplo: Descomprimir > tar -zxvf 0013340101.tar.gz
```

```
Y luego: Descomprimir > tar -xvf *.TAR
```

Una vez descomprimidos, podemos pasar a descargar los archivos de calibración *CCF* actualizados y vincularlos con los *ODF* como paso previo al reprocesamiento de las observaciones. La forma más sencilla que recomendamos es mantener un directorio sincronizado con la calibración válida de *XMM*, usando *rsync*. Conviene actualizarla cada vez que se vaya a trabajar sobre un nuevo conjunto de datos. La primera vez demora mucho tiempo en descargar, pero luego las actualizaciones son rápidas. Otra opción es usar la página web de *XMM*, para descargar sólo los *CCF* indispensables (<https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton/cifbuild>).

Crear y sincronizar un directorio con los *CCF*:

```
> cd /PATHTO/sas (dirigirse a donde tengan instalado SAS)
> mkdir CCF
> cd CCF
> rsync -v -a --progress --delete --delete-after --force --include='*.CCF' --exclude='*/'
sasdev-xmm.esac.esa.int::XMM_VALID_CCF .
```

Para comenzar con el reprocesamiento, primero debemos inicializar *SAS*, y definir variables del entorno que indican los caminos a los directorios donde está instalado *SAS*, los *CCF* y los *ODF*.

Crear el directorio de trabajo *analysis* para su *OBSID* e iniciar allí *HEASOFT* y *SAS*:

```
> mkdir -p ~/ALGO/analysis/0013340101
> cd ~/ALGO/analysis/0013340101
> heainit
> sasinit
```

La tarea de inicialización *sasinit* ejecuta, a su vez, la tarea *sasversion* que imprime los valores de todas las variables de entorno necesarias. Podemos verificar ahí los valores de estas variables para estar seguros que apuntan a los caminos adecuados con los que estamos trabajando, cada vez que lo consideremos necesario.

Apuntar archivos de la Observación (*ODF*)

Para indicar a *SAS* dónde encontrar los archivos de la observación, debemos apuntar la variable *SAS\_ODF* al directorio donde almacenamos los *ODF* ya descomprimidos.

```
> export SAS_ODF=~ /ALGO/data/0013340101/
```

Apuntar archivos de Calibración (*CCF*)

Para indicar a *SAS* dónde encontrar los archivos de calibración, debemos apuntar la variable *SAS\_CCFPATH* al directorio donde almacenamos los *CCF*.

```
> export SAS_CCFPATH=/PATHTO/CCF (pudo haber sido definido también por ej. en .bashrc)
```

Para procesar los datos *ODF* primero deben identificarse los archivos necesarios dentro del conjunto de todos los *CCF*. Tal tarea se realiza generando un *índice* denominado archivo *CIF*, que informará a *SAS* la lista de archivos de calibración específicos para cada uno de los instrumentos, mediante la tarea *cifbuild*.

Ejecutar la tarea

```
> cifbuild
```

La salida será un archivo llamado *ccf.cif* en el directorio de trabajo donde se ejecutó *cifbuild*. El archivo *ccf.cif* es un archivo *FITS* que puede ser visualizado por ejemplo con la tarea *fv* de *HEASOFT*. Contiene la referencia a todos los archivos de calibración *CCF* requeridos por los *ODF* sin especificar el camino en nuestro sistema (*withccfpath=no*). Una vez que contamos con el *ccf.cif*, debemos apuntar la variable *SAS\_CCF* a él.

**Apuntar la variable al nuevo índice generado en el directorio de trabajo**

```
> export SAS_CCF=~ /ALGO/analysis/0013340101/ccf.cif
```

Además, en cada conjunto *ODF* hay un archivo que resume toda la información de la observación cuyo nombre contiene la cadena *\*SUM.ASC*. Antes de reprocesar los datos, este archivo debe ser actualizado usando el comando *odfingest*, que se encarga de recabar la información de los *ODF* para producir un nuevo resumen *\*SUM.SAS*:

**Ejecutar la tarea**

```
> odfingest
```

Esta tarea tarda un tiempo determinado, dependiendo de la longitud del conjunto de *ODF*. Una vez que finaliza, debemos actualizar la variable *SAS\_ODF* de manera que ésta apunte al nuevo resumen:

**Apuntar la variable al nuevo resumen generado en el directorio de trabajo**

```
> export SAS_ODF=~ /ALGO/analysis/0013340101/.....SUM.SAS
```

Este resumen es un archivo *ASCII* que puede ser explorado con cualquier editor de texto. Es recomendable revisarlo para verificar si en su interior, la variable *PATH* apunta al directorio donde se almacenan los *ODF* a reprocesar en nuestro sistema.

Ahora sí, estamos preparados para realizar el reprocesamiento de los *ODF* utilizando las calibraciones actualizadas disponibles en nuestro directorio de *CCF*. Para ello se utilizan las meta-tareas:

**Ejecutar para EPIC-MOS:**

```
> emproc
```

**Ejecutar para EPIC-pn:**

```
> epproc
```

Los valores por defecto para esta meta-tareas son apropiados para la mayoría de los casos y sólo deben ser modificados en casos muy particulares. Estas meta-tareas dan lugar a nuevos archivos con los siguientes nombres en el directorio de trabajo (*EPN* para *PN* y *EMOS1* o *EMOS2* para *MOS1* o *MOS2*, respectivamente).

```
????_??????????_Atthk.ds          (el nuevo archivo de satélite)
????_??????????_EPN_????_01_Badpixels.ds  (una tabla por CCD con los pixeles malos)
????_??????????_EPN_????_ImagingEvts.ds  (la lista de eventos calibrada)
```

A partir de las listas de eventos calibradas (que son archivos en formato *FITS* con extensión *ds*), en las próximas **Guías** procederemos a realizar filtrados, extraer imágenes, curvas de luz y espectros mediante la tarea *evselect*.