

# The Pulse Pile-up Effect in Solar Hard X-ray Spectrometers

## Deformación Espectral por Apilamiento de Pulsos en Espectrómetros de Rayos X Solares

H.S.Ghielmetti y R. Fernandez  
Instituto de Astronomía y Física del Espacio / CONICET

### Abstract

We developed a computational technique based on Monte Carlo method to simulate the deformation of the spectra recorded by solar hard X-ray spectrometers due to pulse pile-up at high counting rates. Pile-up is simulated assuming a poissonian temporal distribution of the pulse arrivals, and also a square wave approximation to the pulse amplitude. Our code, that reproduces Datlowe's (1975) numerical algorithm when applied to thermal incident spectra, was tested also with typical power-law solar X-ray spectra, for increasing pulse input rate to the analog electronics of the pulse-height analyzer.

### Resumen

Hemos desarrollado un código basado en el método de Monte Carlo, con el objeto de simular la deformación espectral, producida por apilamientos de pulsos, observada en casos de alto conteo en espectrómetros de rayos X solares. El cálculo incorpora la distribución de Poisson de los intervalos de tiempo entre pulsos sucesivos, y utiliza la aproximación de onda cuadrada para la amplitud de los pulsos analizados. El método ha sido aplicado a espectros solares de tipo térmico, en los que se reproduce los resultados del cálculo numérico de Datlowe (1975), y a espectros incidentes de tipo potencial con distinto grado de dureza. Dado un tiempo efectivo para el apilamiento, los resultados muestran la fuerte dependencia de la deformación con la intensidad de la radiación detectada.

Es un hecho conocido, particularmente en el campo de la física nuclear, que pulsos sucesivos generados en un detector de centelleo pueden apilarse en el circuito electrónico que precede al analizador de pulsos asociado. Este efecto instrumental, más notable cuando se detectan altos contajes, distorsiona la distribución espectral observada. Su influencia en la interpretación de los espectros de rayos X de las fulguraciones solares fué señalada inicialmente por Kane y Hudson (1970) en relación con las observaciones del espectrómetro de centelleo del satélite OSO-III. Datlowe (1975) propuso un método de cálculo numérico, y lo aplicó para corregir los espectros de rayos X solares observados con el

OSO-7. Sin embargo, aunque el efecto es mencionado como presente en otras observaciones espectrales posteriores, en fulguraciones solares de gran intensidad, no se da una estimación cuantitativa de su influencia.

El satélite argentino SAC-B incluye un espectrómetro de centelleo para la observación de la emisión de rayos X duros en las fulguraciones solares. Como en instrumentos similares, su función de respuesta fue originalmente calculada para la situación límite de conteo tendiente a cero. En este trabajo esa función de respuesta se ha mejorado incorporando el efecto del apilamiento de pulsos. Para ello, se incluye la distribución poissoniana de intervalos de tiempo entre pulsos sucesivos. Como Datlowe (1975) hacemos la aproximación de onda cuadrada para calcular la amplitud de los pulsos apilados, y definimos un tiempo efectivo  $\tau$  para el apilamiento. Además la simulación incluye los pulsos perdidos en el tiempo muerto adicional utilizado en la conversión digital de cada pulso analizado.

El método ha sido verificado, en primer lugar, reproduciendo correctamente los resultados del cálculo numérico de Datlowe para el caso de espectros incidentes de tipo térmico (Ver Fig. 1). En ese caso, y también con espectros de forma potencial ( $E^{-\gamma}$ ), la importancia de la deformación depende del parámetro  $\alpha = a\tau$ , donde  $a$  es la tasa (pulsos/seg.) de los pulsos detectados, es decir, depende de la intensidad de la fulguración. Con espectros potenciales, en los más duros ( $\gamma = 1 - 2$ ) la deformación es menos notable, pero en su mayoría los espectros X solares observados son más blandos ( $\gamma = 4 - 5$ ), y para estos casos de alta intensidad la simulación muestra que la deformación es grande. Resulta también que el apilamiento de pulsos puede hacer aparecer espectros incidentes térmicos como de forma potencial.

La calibración del espectrómetro del SAC-B se hará utilizando fuentes radioactivas monoenergéticas. La simulación de MC para una fuente de  $\text{Am}^{241}$  (pico en 59.5 keV) muestra que la relación entre el área del pico con apilamiento doble y la del pico de pulsos simples, crece linealmente con el conteo producido por la fuente (Ver Fig. 2). Así sería posible estimar experimentalmente, comparando la relación calculada y la medida, el tiempo efectivo de apilamiento.

Dado que la electrónica asociada a los distintos espectrómetros de rayos X duros solares utilizados en el pasado, o activos actualmente, tienen tiempos  $\tau$  del mismo orden (alrededor del microsegundo), es obvio que este efecto instrumental afectará a los más sensibles, es decir los de mayor área, y por lo tanto de, proporcionalmente, mayor conteo a igualdad de flujo detectado. Por ejemplo, el llamado Detector de Gran Área (LAD)

del instrumento BATSE en el satélite CGRO tiene una area 30 veces mayor que la de nuestro espectrómetro en el SAC-B, y por ello los efectos del apilamiento estimados con nuestra simulación serán comparables ya para fulguraciones solares unas 30 veces menos intensas. Por ello el análisis de la información espectral del LAD debe tener en cuenta este efecto.

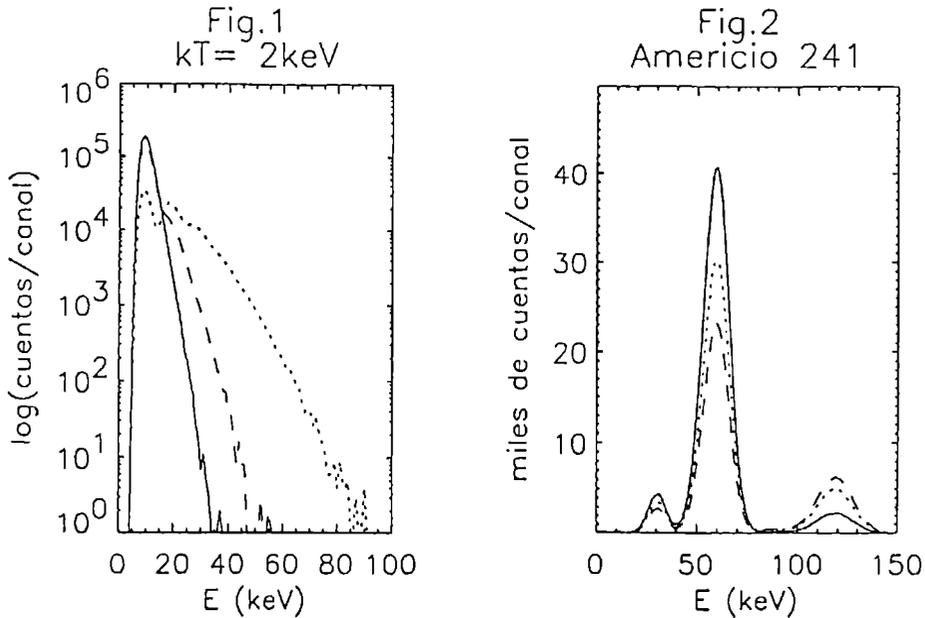


Fig. 1: Simulación MC del espectro observado por el espectrómetro de rayos X del SAC-B para un espectro incidente térmico ( $kT=2$  keV) y valores crecientes de  $a$  (con  $\tau = 3$  microseg.). Línea completa  $\alpha = 0.001$ , línea cortada  $\alpha = 0.1$  y línea de puntos  $\alpha = 1$ .

Fig. 2: Simulación MC de la respuesta del espectrómetro de rayos X del SAC-B para la fuente de  $Am^{241}$ . Muestra un apilamiento creciente en el pulso doble para  $a$  creciente y  $\tau = 3$  microseg. Línea completa  $\alpha = 0.3$ , línea de puntos  $\alpha = 0.9$  y línea cortada  $\alpha = 1.5$ .

### Referencias

Kane, S.R. y Hudson, H.S. , 1970. Solar Phys. 14, 414-418.  
 Datlowe D.W., 1975. Sp. Sc. Instrument., 1, 389-406.