Informes Técnicos Ciemat

766

Septiembre 1995

Impactos de los neutros de CX en la Cámara de Vacío del TJ-II durante NBI

J. Guasp

Asociación EURATOM / CIEMAT para Fusión - 29

Instituto de Investigación Básica

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesauro del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Depósito Legal: M-14226-1995
NIPO: 238-95-010-2
ISSN: 0214-087X

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

700380, 700412
ION SCATTERING ANALYSIS, TOKAMAK DEVICES, NEUTRON DIFRACTION, BEAM INJECTION, ENERGY LOSSES, PLASMA, HELICAL CONFIGURATION, DENSITY, VACUUM SYSTEMS

"Impactos de los Neutros de CX en la Cámara de Vacío del TJ-II durante NBI"

Guasp, J.
41 pp. 19 figs. 3 refs.

Resumen

Se analiza numéricamente la distribución de impactos, sobre la cámara de vacío, de los neutros producidos por cambio de carga durante la inyección tangencial balanceada de haces neutros en el stellarator de eje helicoidal TJ-II.

Los resultados producen una distribución periódica, con máximos suaves y cargas leves, concentrada preferentemente en las placas del Hard Core. Existe una cierta preferencia de esos neutros a emerger del plasma hacia abajo como consecuencia de una tendencia similar de las partículas atrapadas. Las diferencias entre los impactos producidos por los haces paralelo y antiparalelo al campo magnético son muy pequeñas, de nuevo consecuencia de la pérdida de memoria, respecto a la dirección inicial, que muestran las partículas atrapadas.

La dependencia de las cargas con la densidad del plasma y la energía del haz es similar a la de la tasa de pérdidas de CX, disminuyendo fuertemente al aumentar la densidad y decreciendo, más suavemente, con la energía.

"Impacts of the CX neutrals on the Vacuum Vessel of TJ-II during NBI"

Guasp, J.
41 pp. 19 figs. 3 refs.

Abstract

A numerical analysis of the impact patterns on the Vacuum Vessel produced by CX neutrals during the tangential balanced NBI in TJ-II Helical Axis Stellarator has been done.

The results show periodical distributions with smooth maxima and mild loads, concentrated preferently on the HC plates. A certain preference of these neutral to emerge downwards from the plasma appears, as a consequence of a similar trend for the trapped particles. The differences between the impacts produced by the beam paralel to the magnetic field and the opposite one are small, once more as a consequence of the loss of memory of trapped particles to initial direction.

The dependence of loads with plasma density and beam energy follows the trend of CX losses, decreasing strongly with increasing density and decreasing, more smoothly, with energy.

Indice

1. Introducción.

2. Impactos y distribución de Potencia.
   2.1 Caso CO.
   2.2 Caso CNT.

3. Cargas en la pared.

4. Conclusiones.

Referencias

Lista de Tablas.

Lista de Figuras.

1. INTRODUCCION.

Se estudia aqui la estructura que los impactos de los neutros procedentes de cambio de carga (CX) producen sobre la cámara de vacio del TJ-II (VV) durante la inyección de neutros y se efectúa también una estimación del orden de magnitud de las cargas en la pared, su localización preferente y su comportamiento con la densidad del plasma y la energía del haz.

Para la determinación de los impactos se siguen los neutros de CX. desde su lugar de origen, a lo largo de lineas rectas que tienen la dirección de su velocidad (datos que aparecen en los ficheros .79 de Fafner-II, que también contienen su energía y peso estadístico) hasta tocar la VV (precisión ~ ± 0.1 cm).

Posteriormente el cálculo de distribución de potencias y de su densidad se efectua igual que en el estudio de impactos de iones rápidos [1].

El presente estudio ha sido necesario para evaluar la posibilidad de superposición entre estos impactos y los de iones rápidos, cf. [1] §6.3, y asegurarse de que las densidades de potencia no se refuerzan notablemente.

Como se vió en el estudio del comportamiento de las pérdidas de iones rápidos, cf. [2] §7, las pérdidas por CX decrecen con la energía del haz y, sobre todo, con la densidad del plasma, como se observa en la Fig.1 y en la Tabla I, siendo algo mayores las del caso CNT, que las del CO, alcanzando valores muy considerables a baja densidad, 63.2% de la potencia disponible en el plasma para el caso CO y 68.7% para el CNT (densidad central 1.9×10^{13} cm^{-3} y energía de 40 keV) aunque bajan rápidamente al crecer la densidad llegando a solo el 12.3% y 19.2%, respectivamente, a alta densidad (valor central 1.1×10^{14} cm^{-3}).

Tabla I
Pérdidas por CX (kW)

E (keV)	ni(0) $10^{13}cm^{-3}$	Pérdidas CX (kW) CO	COUNTER
27	11.1	146.2	166.8
40	11.1	101.8	159.5
50	11.1	95.0	158.7
.....			
40	1.9	323.5	346.7
40	5.8	194.1	278.3
40	11.1	101.8	159.5

Como ya se indicó en [2] el decrecimiento con la energía es debido al descenso de las secciones eficaces de CX. El descenso con la densidad es debido a la

superposición de dos efectos: por un lado la mayor competición de pérdidas ionicas y termalización al crecer la densidad, por otro lado al fuerte incremento de las reionizaciones de neutros de CX al crecer aquella.

Por su parte el mayor valor de las pérdidas por CX en el caso CNT es debido a que la corona periférica de pérdidas instantáneas es más estrecha que en el caso CO, por lo tanto más partículas periféricas sobreviven a las pérdidas instantáneas, justo donde la densidad del fondo de neutros frios es mayor, dando lugar así a mas procesos de CX.

Estos decrecimientos con la energía y la densidad van a gobernar los de las cargas en la VV.

En todos estos cálculos el valor para la densidad del fondo de neutros frios en el borde del plasma se ha tomado igual a 10^{11} cm^{-3}, decreciendo exponencialmente hacia el centro del plasma en donde alcanza un valor 200 veces menor.

1. IMPACTOS Y DISTRIBUCION DE POTENCIA.

Los casos CO y CNT se comportan de modo bastante distinto, por lo que serán tratados separadamente. No obstante tienen en común una de las características principales de este tipo de pérdidas: la periodicidad. Las desviaciones máximas de la repartición de potencia por periodo son solo de un 17% en el caso CO y del 14% para el CNT (caso "standard": 40 keV y densidad "alta", valor central 1.1×10^{14} cm^{-3}), lo que está dentro del margen de fluctuaciones estadísticas. Veanse Figs. 2a, 3a,6b y, sobre todo 7a para el caso CO y las equivalentes 10a, 11a, 14b y 15a para el CNT. Esta periodicidad se mantiene a todas las energías y densidades analizadas.

2.1 Caso CO.

La Fig. 2 muestra la posición de los impactos sobre la cámara vista desde arriba, para el caso standard con estadística incrementada (918 neutros de CX), mientras la Fig.3 muestra una vista lateral.

Existe una clara preferencia de los impactos a situarse en la parte "exterior" de la cámara. En este caso un 83% de la potencia se deposita en la parte "externa" (con relación al centro de la cámara) mientras que la disimetría de la distribución arriba/abajo no es significativa. Esto se debe a que los iones pasantes CO sufren un fuerte desplazamiento hacia fuera. Tales iones cuando sufren CX transmiten su dirección preferente CO a los neutros resultantes, y lo mismo les ocurre a éstos cuando se produce alguna reionización. Los neutros de CX reproducen, aproximadamente, las características de los iones que los producen.

Las gráficas inferiores de esas figuras muestran las mismas vistas reduciendo el ángulo toroidal a un solo periodo (es decir ϕ módulo 90°), lo que está justificado dada la notable periodicidad de las distribuciones de potencia y permite tener una idea más clara de la distribución de impactos. Con ello aparece en evidencia la acumulación sobre las bobinas TF (y más bien, como parece lógico, a la "entrada" de ellas en la dirección del movimiento de las partículas CO, que es hacia ϕ negativos).

Esto puede observarse muy claramente en el histograma de ángulos toroidales (reducidos a un periodo) de la Fig.4, los picos alrededor de las posiciones de las bobinas TF son evidentes en la gráfica inferior. El más importante, situado hacia 60°, corresponde a la cara de "entrada" de la TF-6. El máximo alrededor de TF-6 y TF-7 no parece tener ninguna explicacion clara (se encuentra alrededor de uno de los máximos de partículas atrapadas) y podía tratarse de un mero efecto estadístico ya que un histograma con menos resolución (Fig.4a) no muestra ya ese efecto.

El fuerte predominio de la salida hacia fuera ($\Theta vv \approx 0°$, Θvv es el ángulo poloidal subtendido desde el centro de la cámara, cf. [1] Fig.2b §1.1) queda bien patente en el histograma de ángulos poloidales de la Fig.5.Como los iones de más energía son los que sufren mayor desplazamiento, cabría esperar que los neutros de cambio de carga que ellos producen, o sea los de mayor energía, fueran tambbién los que emergieran con mayor concentración alrededor de $\Theta vv \approx 0°$. Esto es, efectivamente, lo que se observa en la Fig.6c. Por el contrario la distribución de ángulos toroidales no parece tener ninguna correlación clara con la energía (Fig.6a,b).

Un diagrama de ángulos Θvv-ϕ muestra claramente tanto la periodicidad (Fig.7a) como la concentración alrededor de las TF(Fig.7b) y también pone de manifiesto una concentración alrededor de una banda paralela al HC en ese diagrama (lineas descendentes)

que, aunque muy exagerada por la representación (las placas del HC se ven casi rasantes desde el centro de la cámara) es real y se situa en la vecindad de la placa PL2 del HC, aunque predominantemente fuera de ella, como se verá más adelante (Figs.8 y 9).

Al contrario que las pérdidas de iones rápidos, en este caso la mayor parte de la potencia se va fuera del HC, hacia las TF o los sectores. La Tabla II muestra el porcentaje de potencia que va a parar a cada componente de la cámara en función de la densidad y para ambos casos, CO y CNT, a energía del haz de 40 keV.

Se observa en esa tabla que la parte que va a parar a TF+SC predomina fuertemente aunque decrece lentamente con la densidad (con la energía no hay tendencia clara) mientras crece la que va al HC. En el caso CO la placa PL2 y el CC reciben proporciones similares, mientras que la PL1 recibe muy poco. Pese a eso, como veremos más adelante, §3, el menor tamaño del CC va a dar lugar en él a densidades de potencia mayores o comparables.

Los impactos sobre el HC se presentan en la Fig.8, en la que el HC aparece "rectificado" y visto desde el centro de la cámara en un sistema que gira solidario con él, cf. [1], reducido a un solo periodo (la escala vertical de ese diagrama es la distancia a la linea media del CC). Se observa que los impactos se concentran preferentemente en la zona ϕ=45°, sobre todo en el CC y que apenas hay impactos en la PL1. Esto se explica de la siguiente manera: hacia ϕ=45° el HC está situado horizontalmente hacia fuera del centro de la cámara (es decir hacia $\Theta vv \approx 0°$) por tanto parece lógico que sea en esa región del HC donde se depositen más impactos. Además las partículas CO circulan en el sentido de ϕ negativos y en esa zona "peligrosa" alrededor de ϕ=45° inciden sobre el HC desde ϕ más avanzados y desde arriba, pero en esas posiciones la PL2 se encuentra situdada precisamente arriba y por lo tanto va a recibir directamente los neutros, junto con el CC, apantallando la PL1, que queda debajo y más adelante en el sentido de movimiento de los neutros, y que por consiguiente recibe muchos menos. Esto explica la preferencia por la placa PL2 en este caso CO. Se observará tambien que la fuerte concentración lineal de la Fig.7b ha desaparecido ya que se trataba de un efecto aparente debido a la distorsión de aquella representación.

Finalmente los impactos sobre las bobinas TF y los sectores SC, reducidos a un solo periodo, aparecen representados en la Fig.9. que muestra la cámara vista desde el centro, esta vez en dirección contraria al HC, y en un sistema que gira con él. Se observará la concentracion en una banda alrededor de las lineas punteadas ascendentes, que son las $\Theta vv \approx 0°$ y los alineamientos verticales (las bobinas TF). Se apreciará también la concentración en la parte inferior de la figura, la vecindad de la PL2.

Todos estos comportamientos se mantienen cualitativamente a todas las densidades y energías analizadas.

Tabla II

Porcentaje de la potencia total en cada porción de la VV (40 keV)

Caso CO

ni(0) ($10^{11}cm^{-3}$)	Pot. (kW)	PL1 (%)	CC (%)	PL2 (%)	TF+SC (%)
1.9	323.5	0.2	4.3	5.1	90.4
5.8	194.1	2.7	9.8	14.2	73.3
11.1	101.8	3.7	13.5	14.4	68.4

Caso COUNTER

ni(0) ($10^{11}cm^{-3}$)	Pot. (kW)	PL1 (%)	CC (%)	PL2 (%)	TF+SC (%)
1.9	346.7	5.8	2.8	0.3	91.1
5.8	278.3	7.9	4.6	0.8	86.7
11.1	159.5	11.4	3.7	1.1	83.8

2.2. Caso CNT.

El caso CNT difiere apreciablemente del CO y no solo en el valor de la potencia total sino tambien en su distribución.

Los impactos de este caso CNT para el caso "standard" con estadística incrementada (1067 casos en total), muestran también notable periodicidad y concentración alrededor de las bobinas TF (esta vez las partículas ven en el sentido de ϕ crecientes y, tambien en este caso, impactan preferentemente a la "entrada" de las bobinas, ver Figs.10 a 12).

Como corresponde a partículas CNT que sufren desplazamiento horizontal hacia el interior de la cámara ($\Theta vv \approx 180°$) cabría esperar concentracion preferente alrededor de ese ángulo poloidal, lo que efectivamente se observa (Fig.13) aunque de manera muchísimo más atenuada que en el caso CO (alrededor de un 60% en el caso standard), tal vez porque esa disimetría es menos intensa para los iones en este caso CNT, cf. [3] §2. Tampoco en este caso la disimetría arriba/abajo es significativa.

No se observa en este caso clara correlación entre energías altas y mayor concentración hacia el interior (Fig.14c).

Lo que queda muy claro en este caso es la fuerte concentración en una banda vecina a la PL1 del HC (Fig. 15). El HC recibe bastantes menos impactos que en el caso CO, paricularmente el CC (Fig.16, Tabla II) que se concentran preferentemente en la zona $\phi \approx 0°$ y $\phi \approx 90°$ en donde el HC se encuentra situado horizontalmente hacia el interior de la cámara ($\Theta vv \approx 180°$) y en donde la placa PL1 esta arriba, justo de donde vienen las partículas CNT, lo que proteje a la otra placa. La menor concentración en el HC está, probablemente, ligada a la menor importancia del desplazamiento hacia el interior.

Finalmente la fuerte concentración sobre las bobinas TF y los sectores SC en la vecindad de la PL1 (parte superior de la figura) queda de manifiesto en la Fig.17 (análoga a la Fig.9 del caso CO)

Al igual que en el caso CO estos comportamientos se mantienen a otras densidades y energías.

3. DENSIDADES DE POTENCIA.

Como ya se indicó en [1] el cálculo de las densidades de potencia implica mucho mayor margen de error que las distribuciones en porcentajes, por lo tanto los valores dados aquí deben ser tomados solo como indicativos de orden de magnitud. Además no se ha tenido en cuenta el ángulo entre la dirección de la velocidad del neutro de CX y la normal a la superficie de la VV en el punto de impacto, por lo que estos valores podrían considerarse como sobreestimados.

Estas densidades de potencia aparecen, para cada componente de la VV y tanto en los casos CO como CNT, en la Fig.18, en función de la densidad (para 40 keV) y de la energía (para densidad alta), cf. Tabla III

Se observará, según los casos, un decrecimiento o mantenimiento de los niveles de potencia que, con fuertes fluctuaciones estadísticas, en todos los casos se mantienen muy bajos, siempre inferiores a 35 W/cm^2 en el HC (máximo que se alcanza en el CC a baja densidad en el caso CO a 40 keV) y más a menudo alrededor de los 20 W/cm^2. El caso CO es, casi siempre, más alto que el CNT, la menor proporcion de potencia que va al HC en el caso CNT compensa su mayor valor total.

Por su parte las bobinas TF y los sectores reciben cargas muy bajas, inferiores a 10 W/cm^2, con valores para el caso CNT, generalmente, algo superiores a las del CO.

Tabla III

Densidades de potencia de pico en cada porción de la VV (40 keV)
(en W/cm^2)

Caso CO

ni(0) ($10^{11}cm^{-3}$)	Pot. (kW)	PL1	CC	PL2	TF+SC
			(W/cm^2)		
1.9	323.5	0.0	35.4	18.7	8.9
5.8	194.1	5.4	22.5	21.4	5.6
11.1	101.8	2.5	10.7	20.2	2.1

Caso COUNTER

ni(0) ($10^{11}cm^{-3}$)	Pot. (kW)	PL1	CC	PL2	TF+SC
			(W/cm^2)		
1.9	346.7	22.8	12.7	3.9	6.8
5.8	278.3	14.8	16.7	4.9	10.1
11.1	159.5	6.4	10.3	5.4	3.4

4. CONCLUSIONES.

Las pérdidas por CX se distribuyen periódicamente, aunque no uniformemente. En el caso CO se situan claramente hacia la parte exterior de la VV ($\Theta vv \approx 0°$), mientras en el CNT lo hacen más bien hacia el interior ($\Theta vv \approx 180°$) aunque con muchísima menor concentración. En ambos casos los impactos se sitúan preferentemente sobre las bobinas TF, aunque las densidades de potencia son ahí extremadamente bajas, inferiores a 10 W/cm^2.

Por su parte los impactos sobre el HC se concentran, en el caso CO, sobre el CC y la placa PL2, en una amplia banda alrededor de la zona $\phi \approx 45°$, con densidades de potencia de pico inferiores a 35 W/cm^2 y más a menudo alrededor de 20 W/cm^2. Mientras que en el caso CNT se situan, menos claramente, sobre la PL1, alrededor de $\phi \approx 0°$ y 90°, con densidades de pico inferiores a unos 30 W/cm^2.

Las zonas de impactos CO y CNT no parecen superponerse demasiado sobre el HC. Incluso cuando se añaden las PR (que también son periódicas) el máximo de todas las superposiciones no supera los 27 W/cm^2 en el caso "standard". Los contornos de densidad de potencia para el caso de superposición de los haces n°1 (CNT) y 4 (CO), para ese caso, incluyendo PR con CX y neutros de CX, aparecen en la Fig.19 (en intervalos de 5 W/cm^2 comenzando en 10)

Estos bajos valores de las densidades de potencia de pico, su distribución periodica y con zonas de acumulación relativamente anchas, hacen que las cargas de las neutros de CX no presenten problemas para la VV.

REFERENCIAS

[1]. J. Guasp. "Impactos de los iones rápidos en la Cámara de Vacio del TJ-II durante NBI". Report CIEMAT. Julio 1994.

[2]. J.Guasp, M.Liniers. "Comportamiento de las pérdidas instantáneas y retardadas en la inyección de neutros del TJ-II". Report CIEMAT. Mayo 1994.

[3]. J. Guasp. "Puntos de salida en el plasma de los iones rápidos durante NBI en el TJ-II". Report CIEMAT. Junio 1994.

LISTA DE TABLAS.

Tabla I. Pérdidas por CX (kW), en funcion de la energía del haz (densidad alta) y de la densidad del plasma (40 keV). Casos CO y CNT.

Tabla II. Porcentaje de la potencia total que se deposita en cada parte de la VV en función de la densidad. Casos CO y CNT, 40 keV.

Tabla III. Densidad de potencia de pico (en W/cm^2) en cada parte de la cámara, en funcion de la densidad del plasma (40 keV), casos CO y CNT.

LISTA DE FIGURAS.

Fig.1. Potencia de pérdidas por CX (en kW). Casos CO y CNT.
a) en funcion de la energía del haz (densidad alta)
b) de la densidad ionica central del plasma (40 keV).

Fig.2. Impactos en la VV, vista desde arriba (R-ϕ).
b) Idem. con angulos toroidales reducidos a un solo periodo.
Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.3. Idem. en alzado (Z-ϕ). Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.4. Histograma de ángulos toroidales ϕ reducidos a un solo periodo.
Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.5. Histograma de ángulo poloidal Θvv (ángulo subtendido desde el centro de la cámara). Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.6. Correlación entre energía del neutro de CX y los ángulos toroidales ϕ (a,b) y poloidales Θvv (c). Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.7. Diagrama de ángulos Θvv-ϕ. Caso CO, 40 keV, alta densidad.
b) Idem. con ángulo toroidal ϕ reducido a un solo periodo.

Fig.8. Impactos en el HC. Diagrama (d_{HC}-ϕ), el HC aparece rectificado y visto desde el centro de la VV en un sistema solidario con él. Reducido a un solo periodo
Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.9. Impactos en las bobinas TF y los secores SC. Vistos desde el centro de la cámara, hacia fuera en un sistema que gira con el HC. Reducido a un solo periodo Caso CO, 40 keV, alta densidad.

Fig.10. Impactos en la VV, vista desde arriba (R-ϕ).
b) Idem. con angulos toroidales reducidos a un solo periodo.
Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

Fig.11. Idem. en alzado (Z-ϕ). Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

Fig.12. Histograma de ángulos toroidales ϕ reducidos a un solo periodo.
Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

Fig.13. Histograma de ángulo poloidal Θvv (ángulo subtendido desde el centro de la cámara). Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

Fig.14. Correlación entre energía del neutro de CX y los ángulos toroidales ϕ (a,b) y poloidales Θvv (c). Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

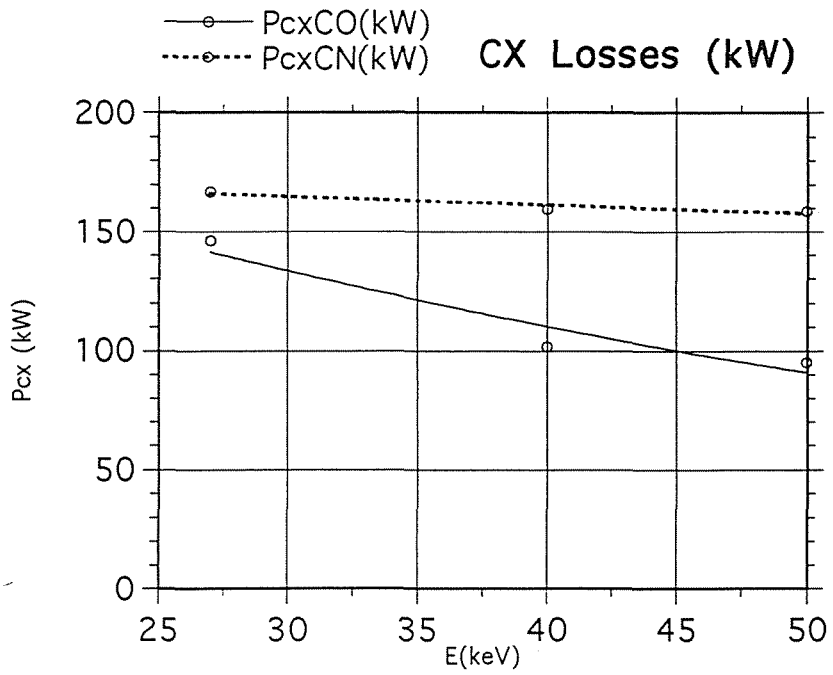
Fig.15. Diagrama de ángulos Θvv-ϕ. Caso CNT, 40 keV, alta densidad.
b) Idem. con ángulo toroidal ϕ reducido a un solo periodo.

Fig.16. Impactos en el HC. Diagrama (d_{HC}-ϕ), el HC aparece rectificado y visto desde el centro de la VV en un sistema solidario con él. Reducido a un solo periodo. Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

Fig.17. Impactos en las bobinas TF y los sectores SC. Vistos desde el centro de la cámara, hacia fuera en un sistema que gira con el HC. Reducido a un solo periodo. Caso CNT, 40 keV, alta densidad.

Fig.18. Densidad de potencia de pico (en W/cm^2) en los diversos componentes de la VV. Casos CO y CNT.
a) en función de la densidad ionica central del plasma (40 keV).
b) en funcion de la energía del haz (densidad alta).

Fig.19. Contornos de la densidad de potencia de pico en diversas partes de la cámara. (Haces n°1 y 4) para alta densidad y 40 keV. Incluidas las pérdidas PR y los neutros de CX. En intervalos de 5 W/cm^2 comenzando en 10).


PcxCO(kW)
PcxCN(kW)
CX Losses (kW)
200
150
100
50
0
Pcx (kW)
25
30
35
40
45
50
E(keV)

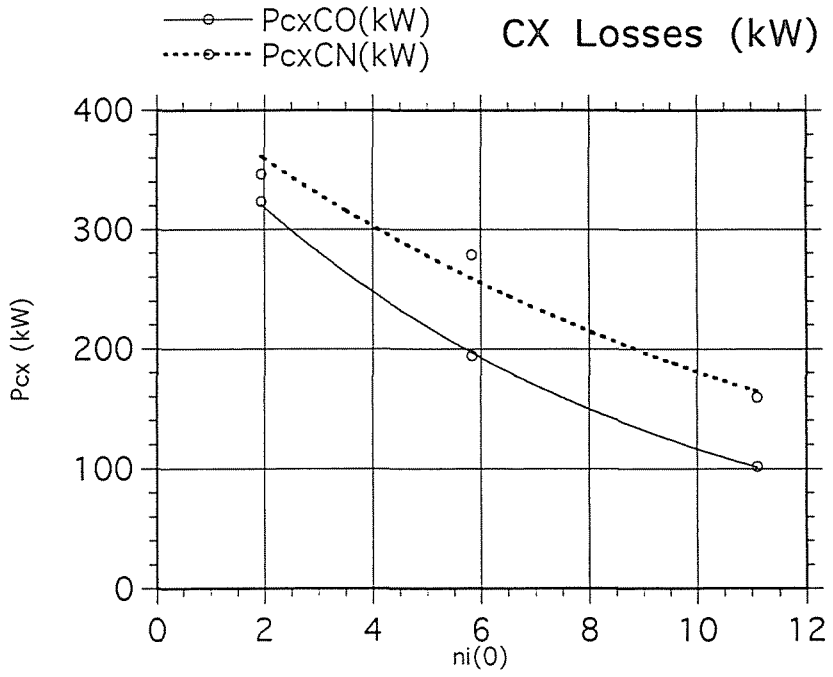
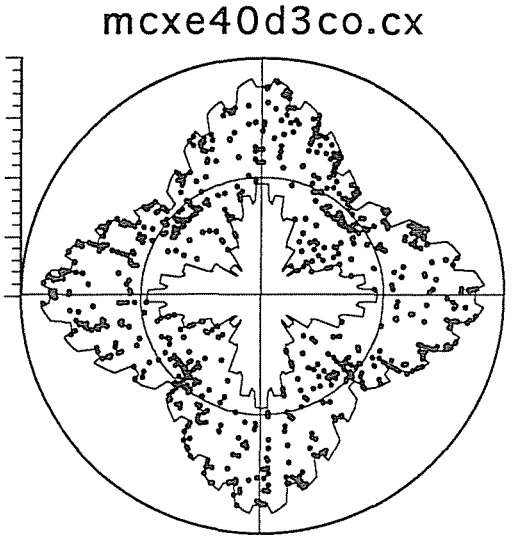

PcxCO(kW)
PcxCN(kW)
CX Losses (kW)
400
300
200
100
0
Pcx (kW)
0
2
4
6
8
10
12
ni(0)

Fig. 1



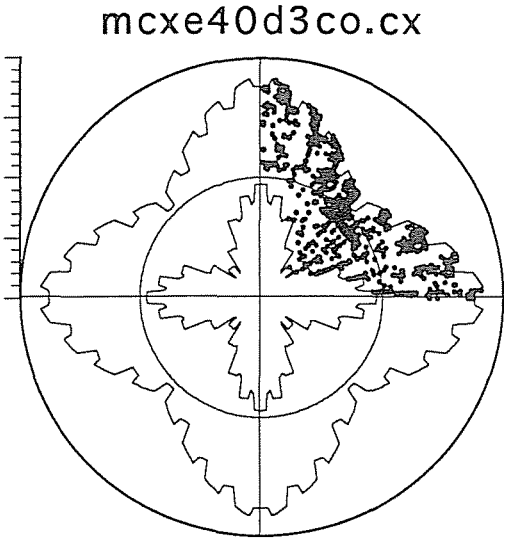
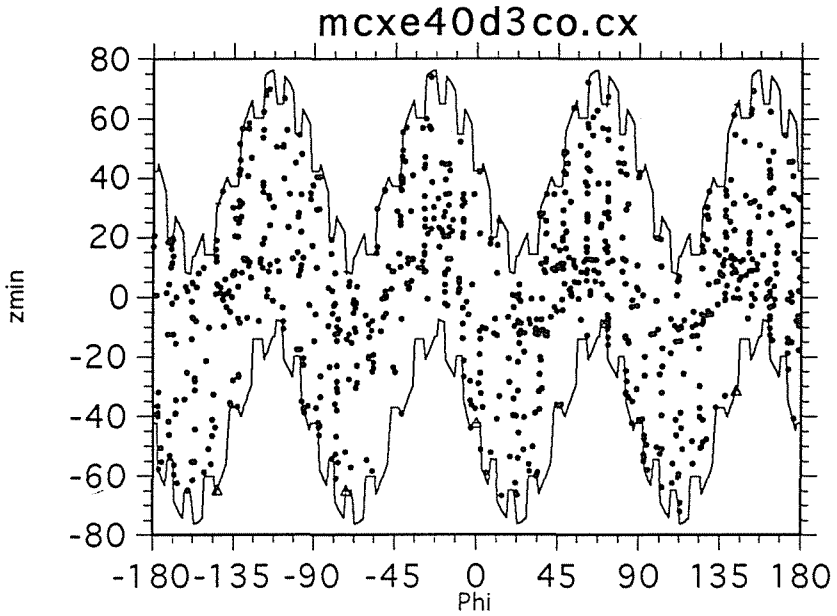


Fig. 2


mcxe40d3co.cx
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
zmin
-180 -135 -90 -45 0 45 90 135 180
Phi

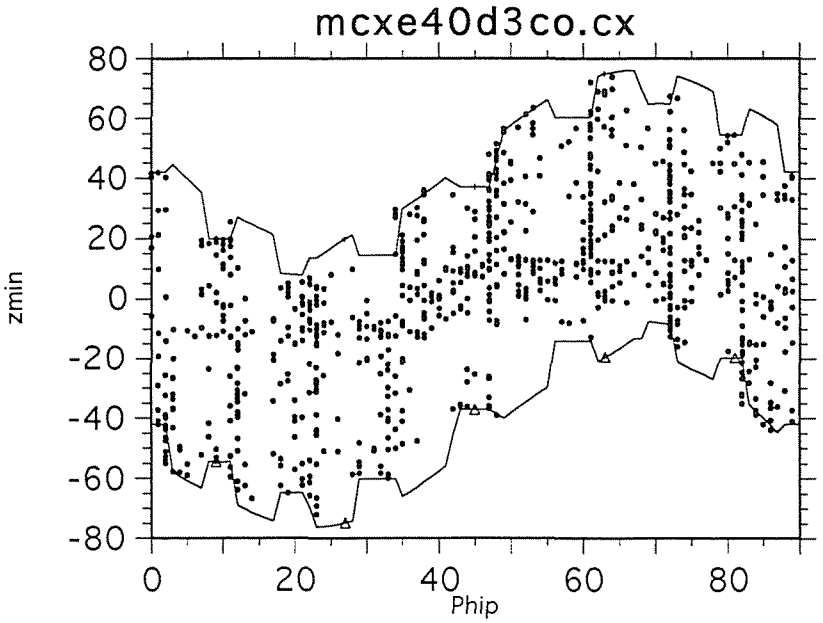
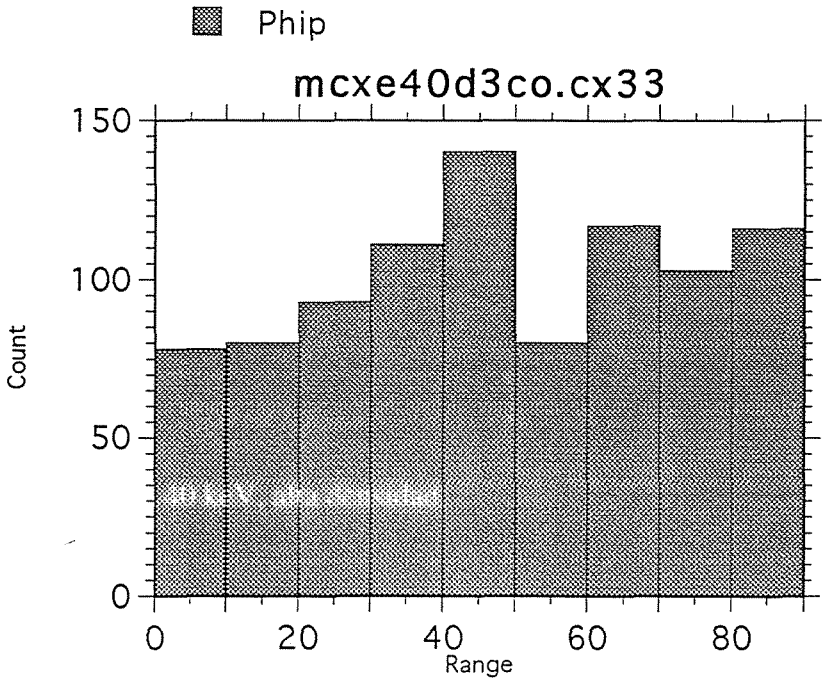

mcxe40d3co.cx
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
zmin
0 20 40 60 80
Phip

Fig. 3


Phip
mcxe40d3co.cx33
150
100
50
0
Count
0
20
40
60
80
Range

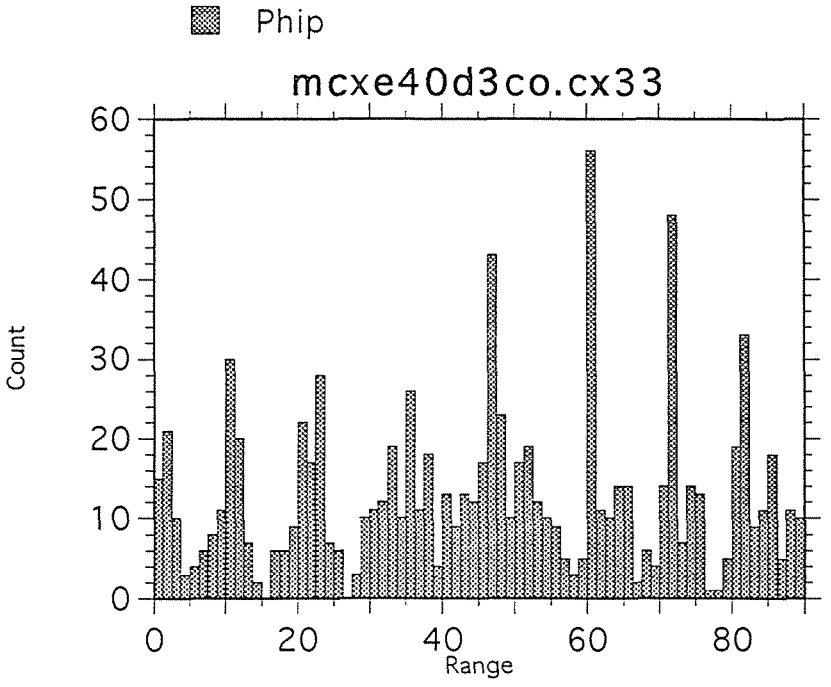
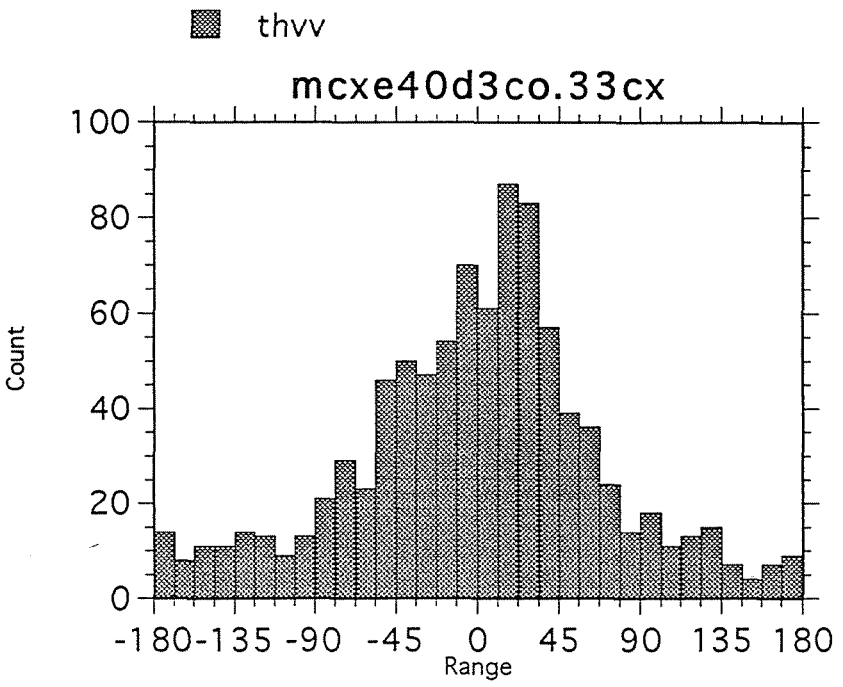

Phip
mcxe40d3co.cx33
60
50
40
30
20
10
0
Count
0
20
40
60
80
Range

Fig. 4


thvv
mcxe40d3co.33cx
Count
100
80
60
40
20
0
-180 -135 -90 -45 0 45 90 135 180
Range

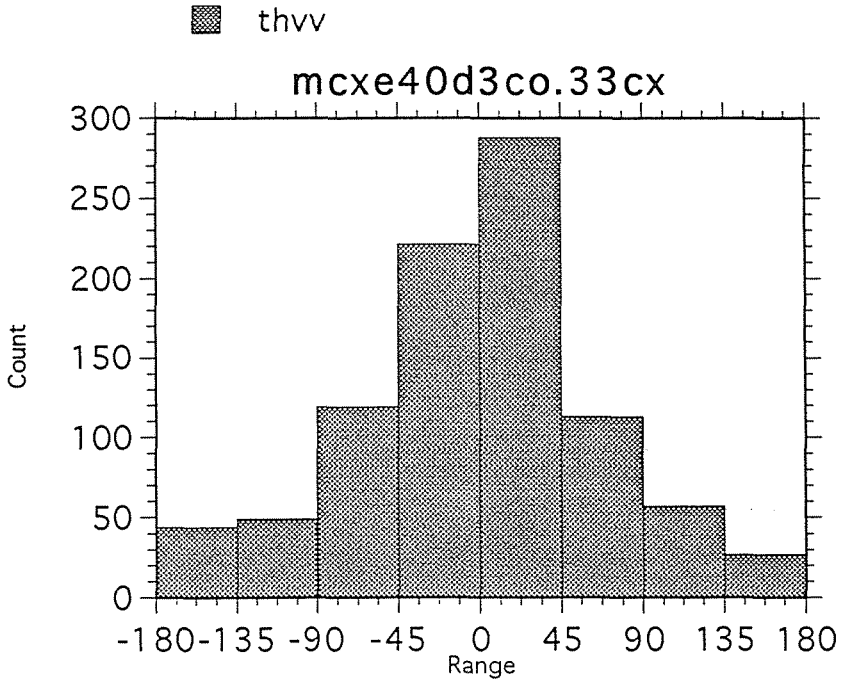
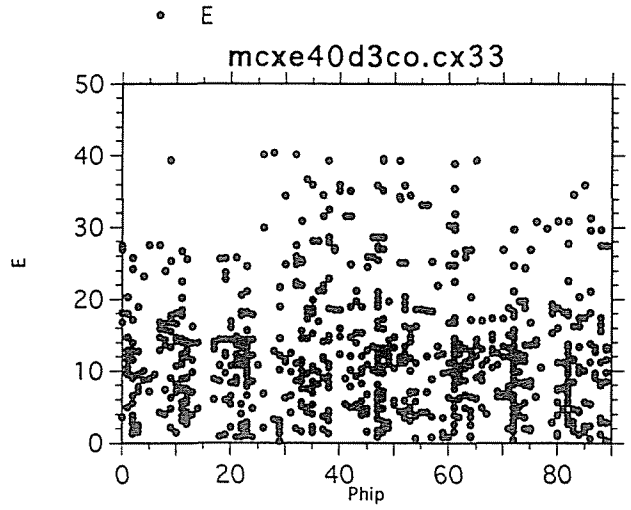
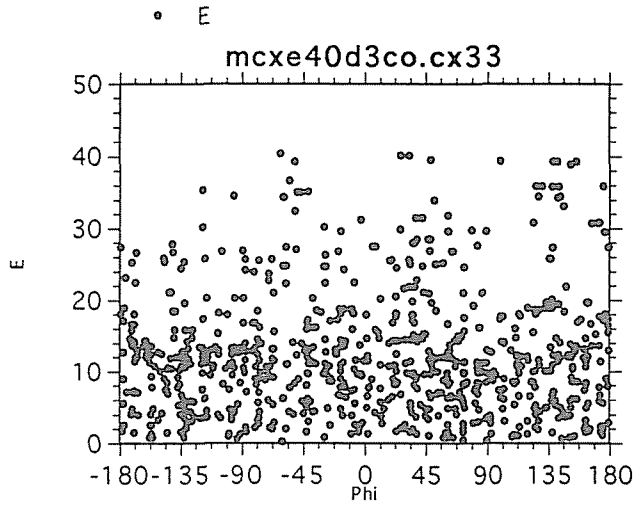

thvv
mcxe40d3co.33cx
Count
300
250
200
150
100
50
0
-180 -135 -90 -45 0 45 90 135 180
Range

Fig. 5


E
mcxe40d3co.cx33
E
Phip


E
mcxe40d3co.cx33
E
Phi

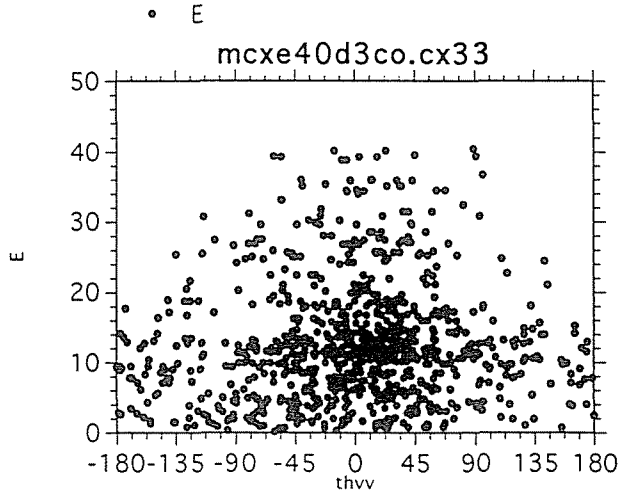
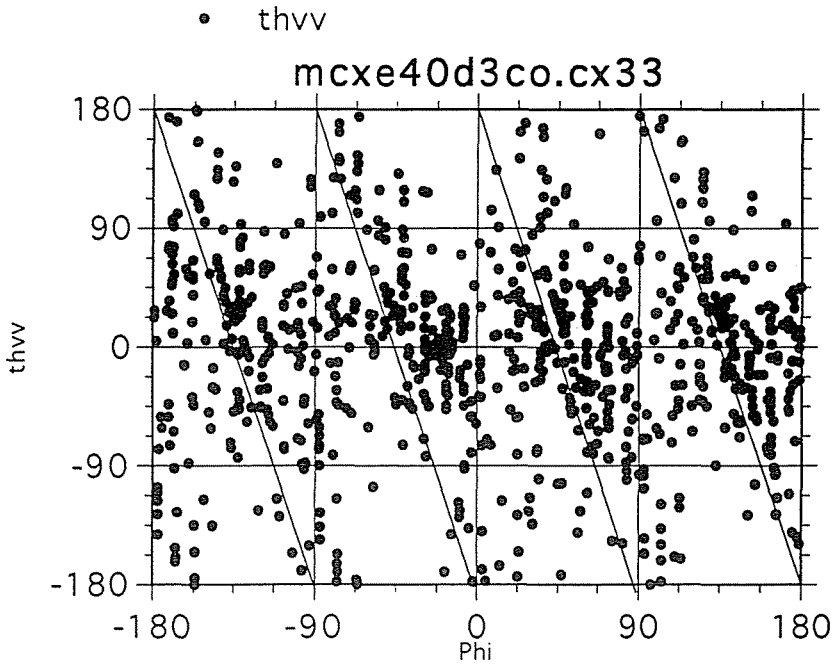

E
mcxe40d3co.cx33
E
thvv

Fig. 6


thvv
mcxe40d3co.cx33
180
90
0
-90
-180
thvv
-180
-90
0
90
180
Phi

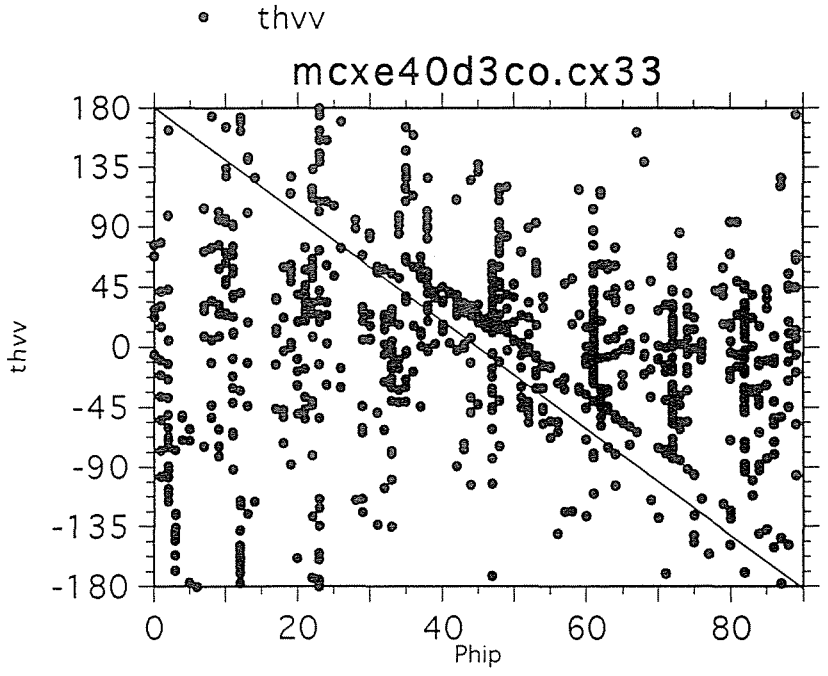

thvv
mcxe40d3co.cx33
180
135
90
45
0
-45
-90
-135
-180
thvv
0
20
40
60
80
Phip

Fig. 7

Case mcxe40d3co on VV

CX Losses

Impacts on HC 269 28 113 128 0

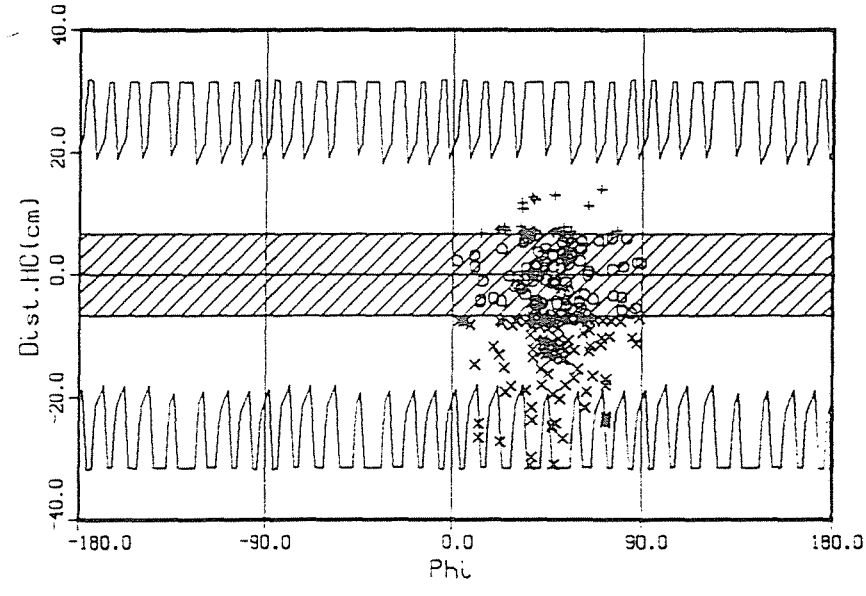


Fig. 8

Case mcxe40d3co on VV
CX Losses
Impacts at SC+TF: 649 107 105 200 237

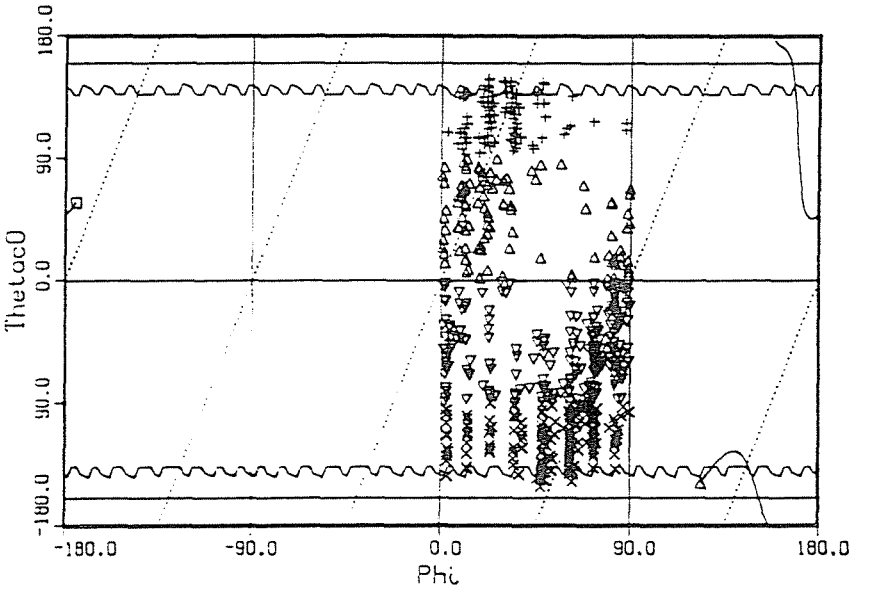
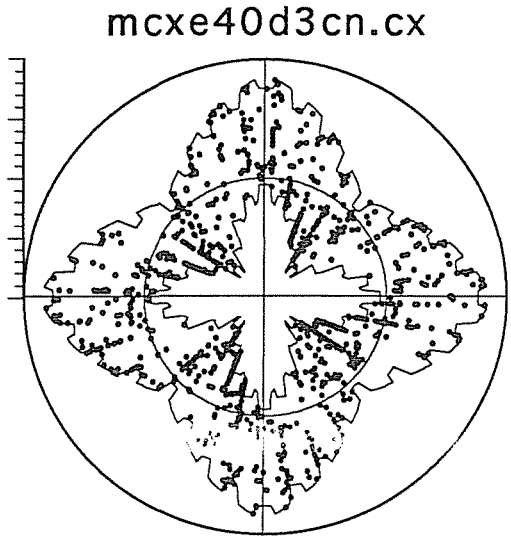


Fig. 9



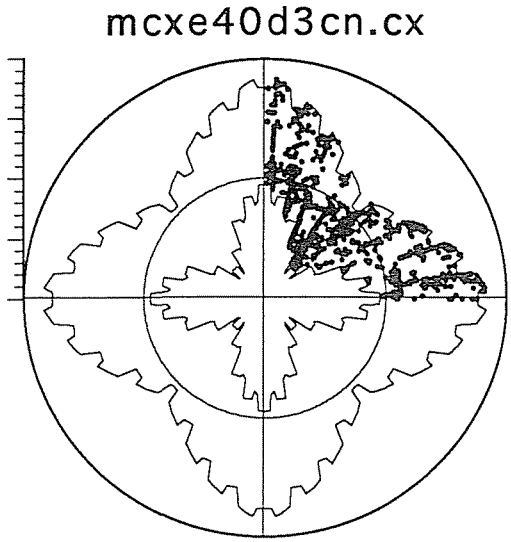
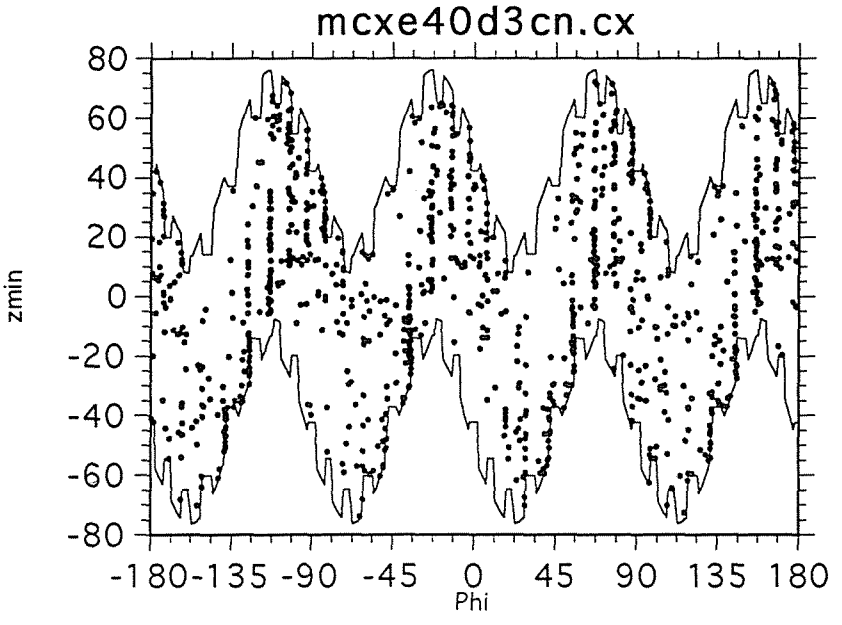


Fig. 10


mcxe40d3cn.cx
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
zmin
-180 -135 -90 -45 0 45 90 135 180
Phi

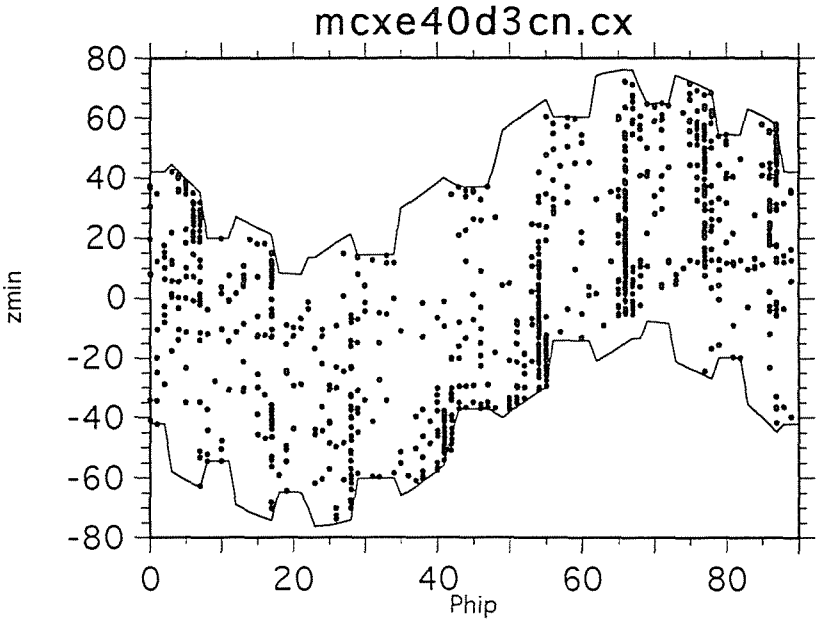
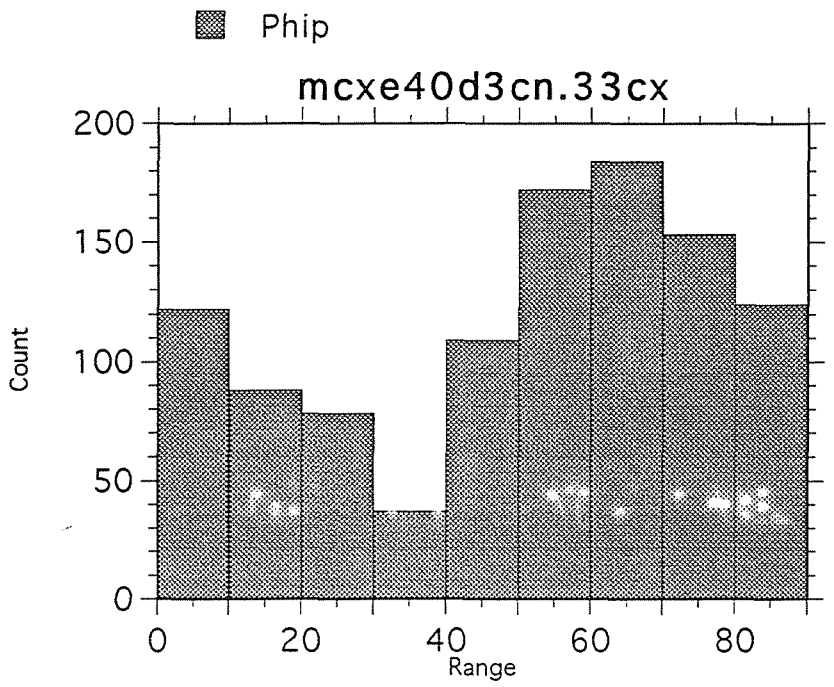

mcxe40d3cn.cx
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
zmin
0 20 40 60 80
Phip

Fig. 11


Phip
mcxe40d3cn.33cx
200
150
100
50
0
Count
0
20
40
60
80
Range

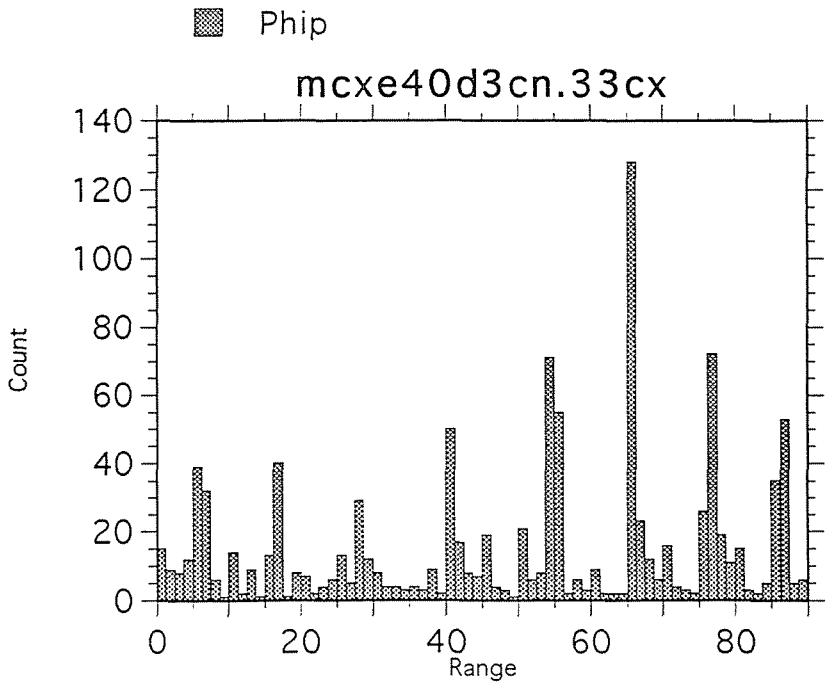
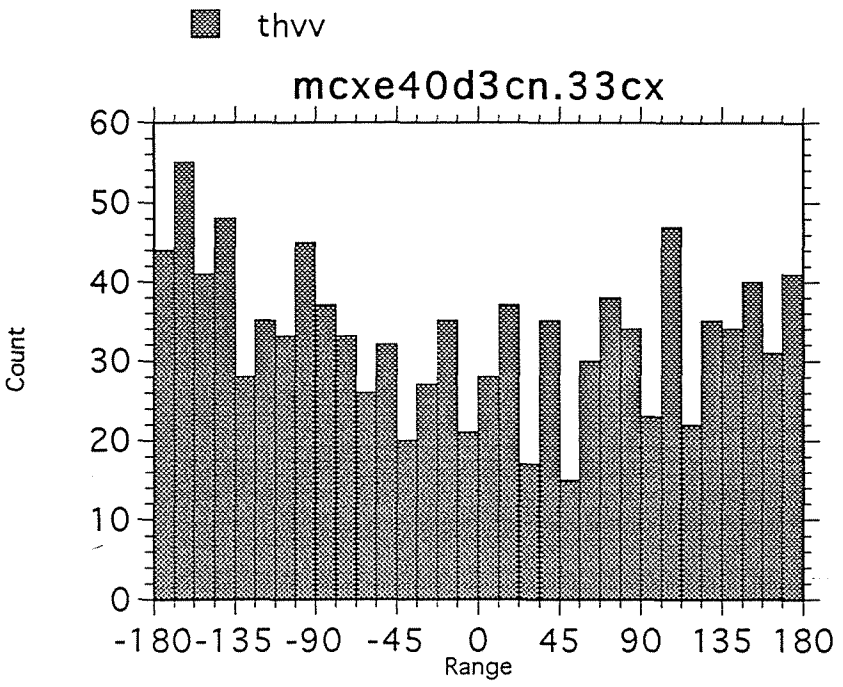

Phip
mcxe40d3cn.33cx
140
120
100
80
60
40
20
0
Count
0
20
40
60
80
Range

Fig. 12


thvv
mcxe40d3cn.33cx
Count
60
50
40
30
20
10
0
-180 -135 -90 -45 0 45 90 135 180
Range

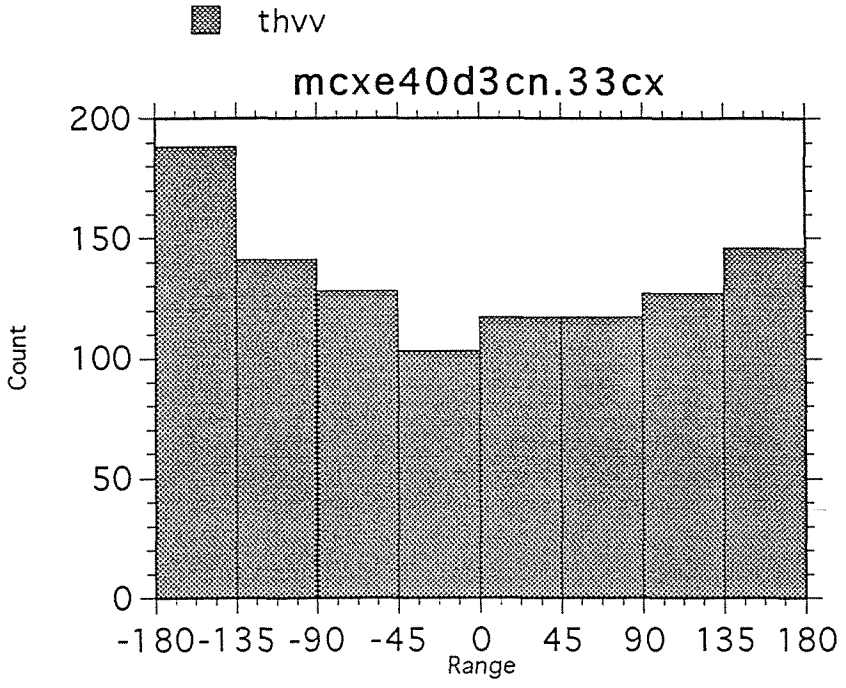

thvv
mcxe40d3cn.33cx
Count
200
150
100
50
0
-180 -135 -90 -45 0 45 90 135 180
Range

Fig. 13

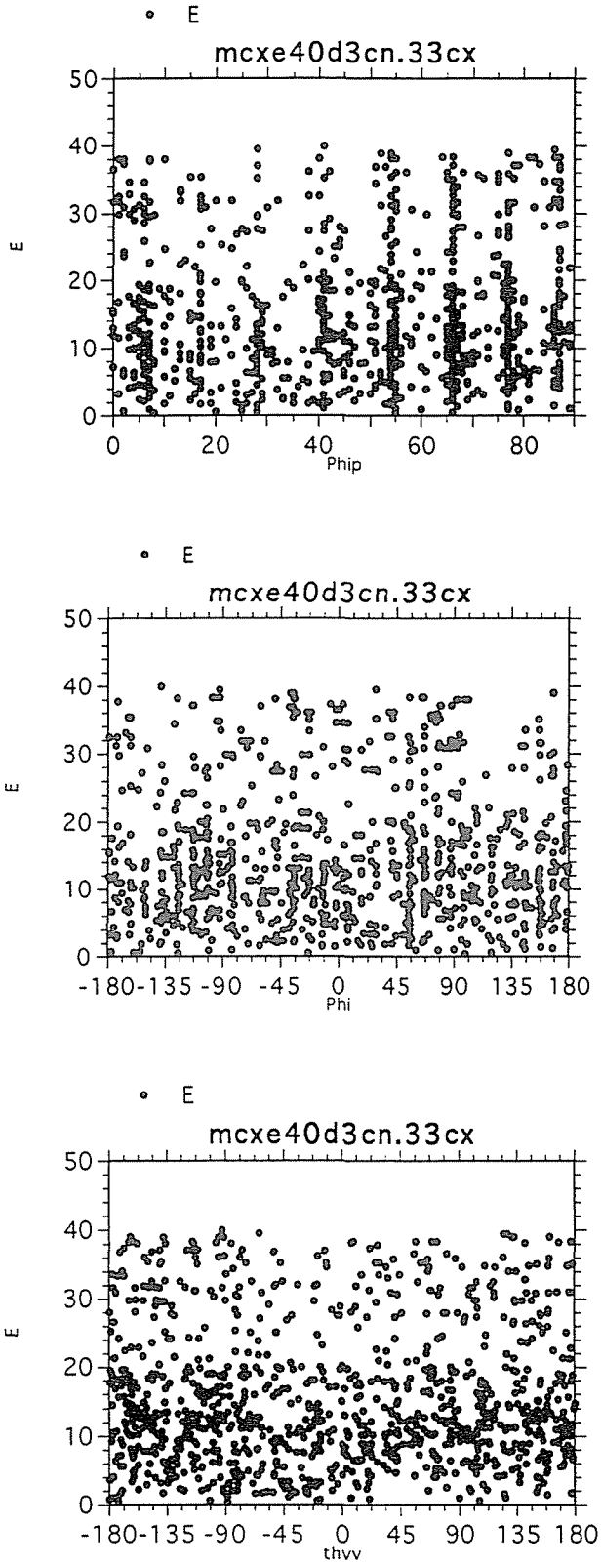
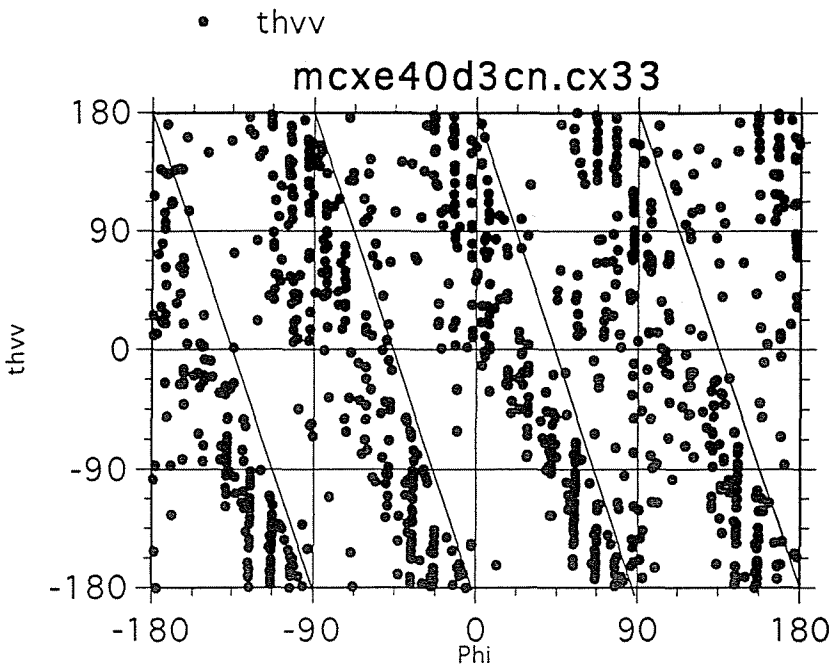

E
mcxe40d3cn.33cx
E
Phip
E
mcxe40d3cn.33cx
E
Phi
E
mcxe40d3cn.33cx
E
thvv

Fig. 14


thvv
mcxe40d3cn.cx33
180
90
0
-90
-180
thvv
-180
-90
0
90
180
Phi

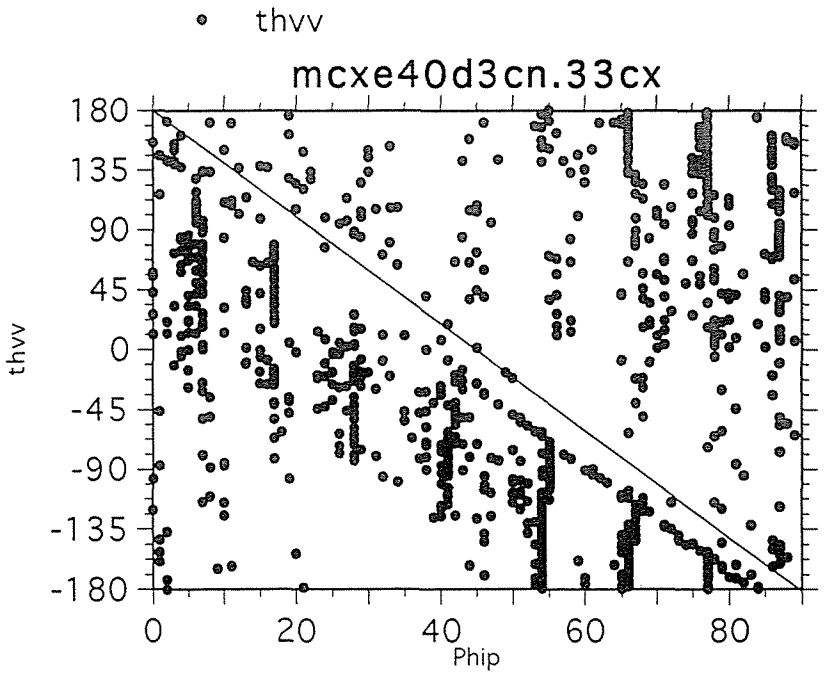

thvv
mcxe40d3cn.33cx
180
135
90
45
0
-45
-90
-135
-180
thvv
0
20
40
60
80
Phip

Fig. 15

Case mcxe40d3cn on VV

CX Losses

Impacts on HC 170 117 37 16 0

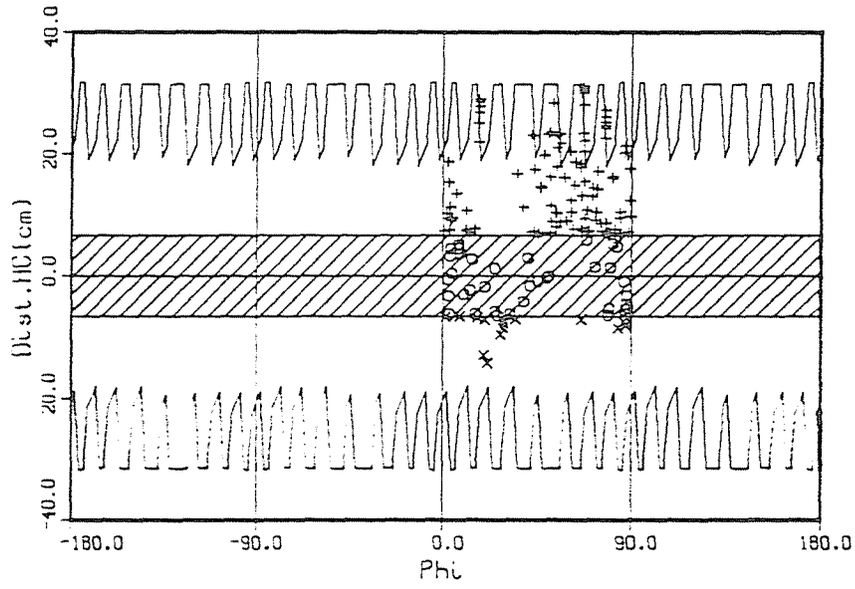


Fig. 16

Case mcxe40d3cn on VV

CX Losses

Impacts at SC+TF: 897 375 377 53 92

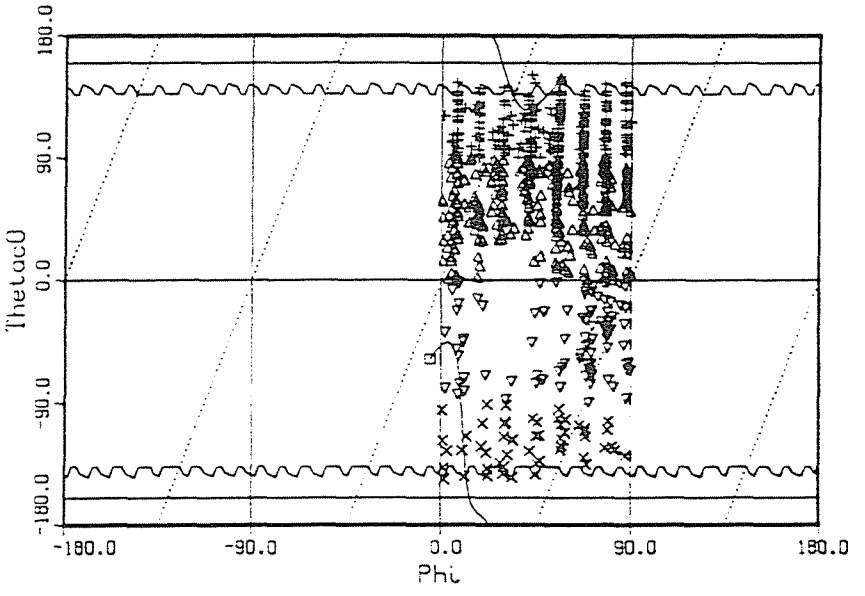
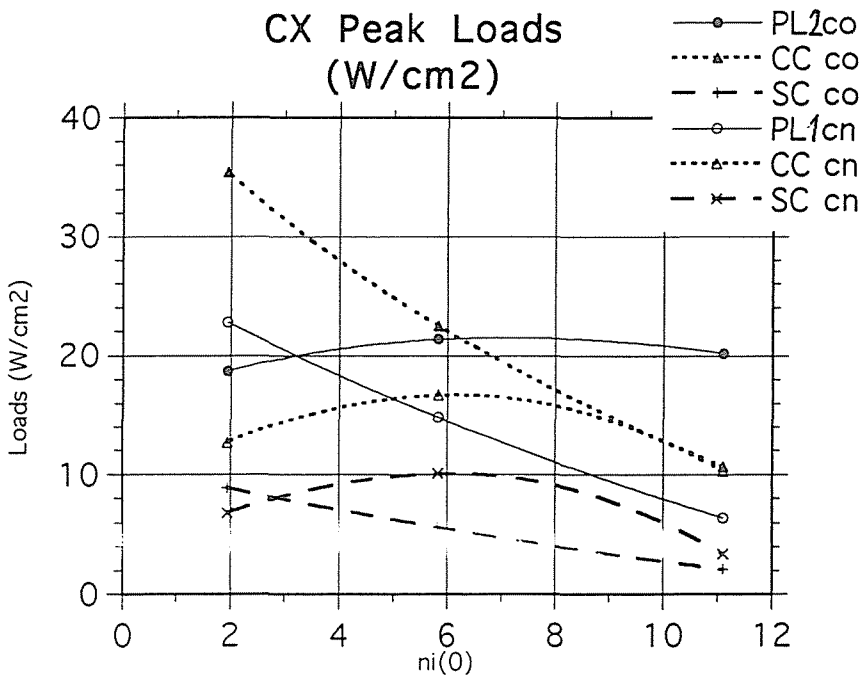


Fig. 17


CX Peak Loads
(W/cm2)
PL2co
CC co
SC co
PL1cn
CC cn
SC cn
Loads (W/cm2)
ni(0)
0
10
20
30
40
0
2
4
6
8
10
12

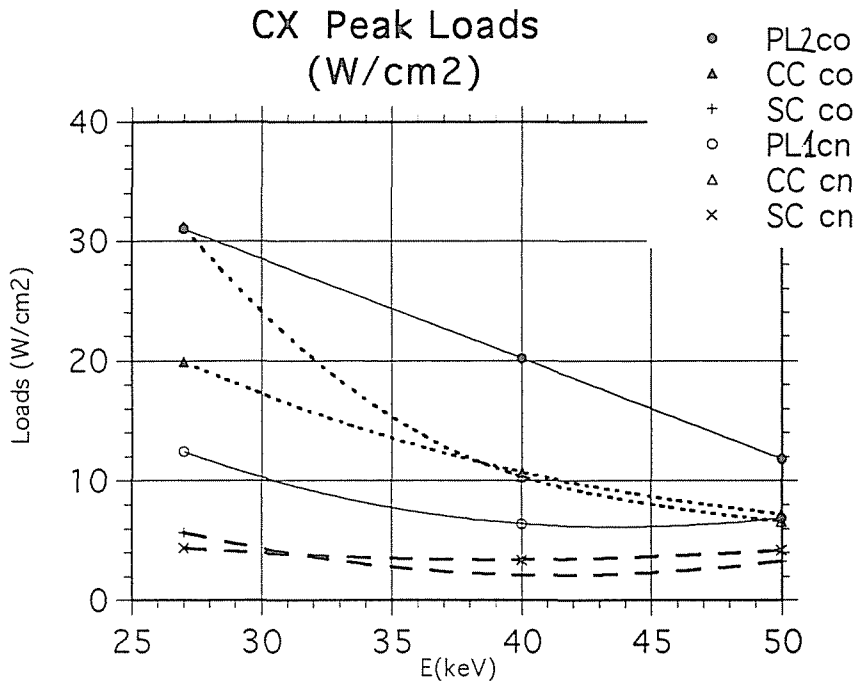

CX Peak Loads
(W/cm2)
PL2co
CC co
SC co
PL1cn
CC cn
SC cn
Loads (W/cm2)
E(keV)
0
10
20
30
40
25
30
35
40
45
50

Fig. 18

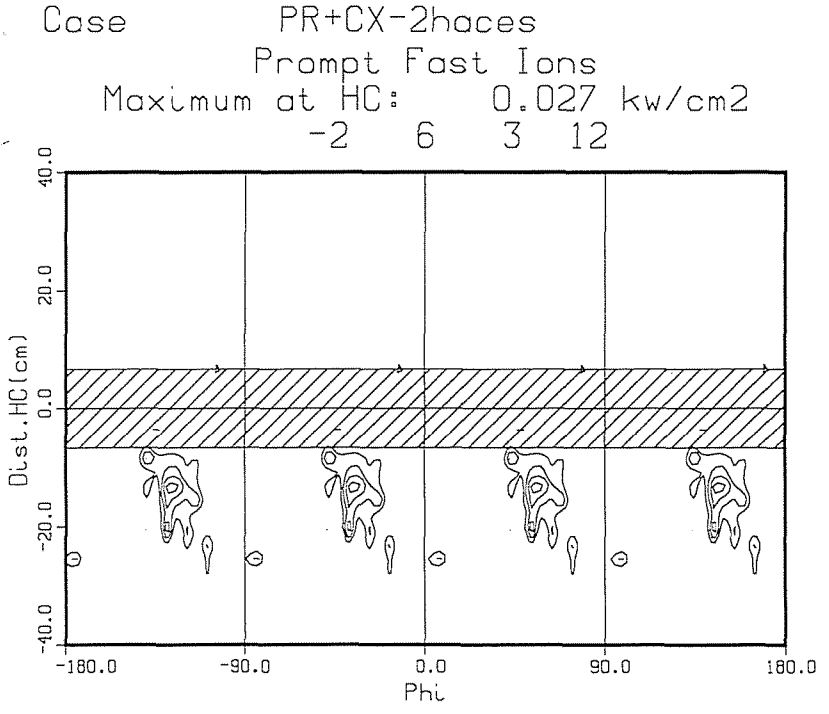

Case PR+CX-2haces
Prompt Fast Ions
Maximum at HC: 0.027 kw/cm2
-2 6 3 12
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
Dist.HC(cm)
-180.0
-90.0
0.0
90.0
180.0
Phi

Fig. 19