

Apéndice IV

Listado de variables adaptadas a la simulación de stellarators

IV.1 Introducción

En el capítulo 6 de esta tesis se presentan las modificaciones realizadas sobre el código PRETOR con el objetivo de adaptarlo a las peculiaridades de la simulación de los stellarators. En el apéndice III se detalla la estructura original de PRETOR para el cálculo de la configuración magnética del equilibrio en la simulación de tokamaks así como la nueva estructura implementada para el caso de simulación de stellarators con PRETOR-Stellarator.

Estas modificaciones afectan a diversas variables, especialmente a las relacionadas con la geometría del plasma y el campo magnético. Por este motivo antes de realizar las modificaciones del código es preciso analizar todas las variables implicadas en estos modelos y determinar su relación con el resto del código para asegurar su correcta substitución.

En las siguientes tablas se presentan para las variables afectadas, su definición correspondiente, la rutina donde se calculan sus valores así como en que parte del código se utiliza su valor para calcular otras variables. Finalmente se indica si se han anulado o han sido substituidas por otras.

Solo se muestran las variables que tienen repercusión en diversas partes del código y corresponden a una magnitud física relevante. El número total de variables implicadas en la modificación del código es muy superior a las mostradas aquí, pero la mayoría sólo afectan a un único módulo del código, como, por ejemplo, la determinación de la configuración del equilibrio, de las densidades de corriente, etc.

Las variables que aquí se presentan se dividen, según el tipo de cálculos en que intervienen, en los siguientes grupos:

- Volúmenes y variables relacionadas directamente.
- Factores geométricos.
- Radios.
- Superficies.
- Corrientes y campos magnéticos.

IV.2 VOLÚMENES

dVol[i]

Volumen asociado a la superficie magnética i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
dVol[i]		geometry equi_IO.c	No es el volumen entre dos superficies magnéticas sino la media del volumen de dos capas magnéticas consecutivas

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[VOL][i]	Volumen integrado hasta la superficie i	geometry equi_IO.c	Ver tabla de PHYS[VOL]
Enbi PadnbAct PadHFexp	Energía NBI Pot. depositada por NBI Pot. depositada por RF	auto_value experiment.c	
TEAV, TIAV NIAV, QAV ZEFAV	Integral volúmica de ciertas magnitudes	display_global graphics.c	Paso previo para la salida en la pantalla de <i>5Global Parameters4</i> de la media volúmica de magnitudes como: $T_e, T_i, n_e, q, Z_{eff}$
Equip, Equip1 Pohm Prad Palpha	Potencia de equipartición Potencia óhmica Potencia radiada Potencia alfa	global physic.c	Corresponden a las integrales de volumen de las magnitudes señaladas
ripple neutron Efast	Rizado Flujo de neutrones Energía de part. rápidas	Alpha physic.c	
Prad_core	Potencia total radiada	HeatSource, MainPhys physic.c	
SV0[i] SV1[i]	Cociente entre VPRIME i y dVol	geometry equi_IO.c	Se utilizan para calcular la difusión de temperatura, partículas y neutros así como la energía debida a la compresión
PW	Energía producida por la compresión del plasma.	global physic.c	
CHp	Variable intermedia	HeatFlow physic.c	Se utiliza para el cálculo del flujo de energía
dv	Variable interna	MainPhys physic.c	Después de recalculer el equilibrio magnético modifica el valor de $n_e, n_i, n_{imp}, T_e, T_i$. multiplicandolos por dv

Esta variable se mantiene en PRETOR-Stellarator pero se modifica su cálculo, ahora se determina en *geomeste* a partir de los datos del fichero de resultados de VMEC.

PHYS[VOL][i]

Volumen del plasma contenido dentro de la superficie i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[VOL][i]		geometry equi_IO.c	$PHYS[VOL][i] = \sum_{j=1}^{i-1} dVol[j]$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
Volume	Volumen total del plasma, incluyendo la SOL	UpdateDK rare.c	
PHYS[VOL][i]		PlotSurface toric.c	Se utiliza para sacar el volumen total del plasma en la ventana de "Plot Surface"
js	Media de ciertas magnitudes para la simulación de los dientes de sierra (<i>sawteeth</i>)	Sawteeth physic.c	En el cálculo del sawteeth se promedia los perfiles de n_{imp} , n_i , n_e , T_e y T_i de forma que en interior de la zona ($q < 1$) los perfiles de estas magnitudes son uniformes
V[n]	Media volúmica de ciertas magnitudes	display_global graphics.c	Salida en la pantalla de "Global Parameters4" de la media volúmica de magnitudes como: q , T_e , T_i , n_e , Z_{eff}

Esta variable se mantiene pero en PRETOR-Stellarator se determina en *geomeste* a partir de los datos del fichero de resultados de VMEC.

VPRIME[i]

Derivada del volumen respecto del radio menor correspondiente a la superficie *i*.

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
VPRIME[i]		geometry equi_IO.c	$VPRIME = \frac{\Delta V}{\Delta R}$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
VPON[i]	Media de <i>VPRIME</i>	geometry equi_IO.c	$VPON[i] = (VPRIME[i] + VPRIME[i+1])/2$
PHYS[GTVP][i] PHYS[GPVP][i] PHYS [GRHO2VP][i] PHYS[VP][i]		geometry equi_IO.c	$PHYS[GTVP][i] = GTH[i] * VPRIME[i]$ $PHYS[GPVP][i] = GPH[i] / VPRIME[i]$ $PHYS[GRHO2VP][i] =$ $= GRHO2[i] * (VPRIME[i])^2$ $PHYS[VP][i] = (VOL[i] + VOL[i+1])/2$
SV0[i] SV1[i]	Cociente entre <i>VPRIME</i> i dVol	geometry equi_IO.c	Consultar tabla dVol[i]
CDE CVE	Pérdidas de energía por conducción y convección de los electrones.	global physic.c	
CDIO CVIO	Pérdidas de energía por conducción y convección de los iones.	global physic.c	
johm	Densidad de potencia óhmica	HeatSource physic.c	$johm = \frac{1}{2\pi R_0} \frac{\Delta I t}{VPRIME \Delta R}$ Se utiliza para calcular la densidad de potencia óhmica ($PHYS[poh][i]$)
l1	Variable interna	Fcurrent physic2.c	Sirve para calcular F (consultar GTH)

Esta variable se mantiene pero se modifica su cálculo, ahora se calcula en *geomeste* a partir del volumen y radio obtenidos del fichero de resultados de VMEC.

VPON[i]

Derivada del volumen respecto del radio menor correspondiente a la superficie i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
VPON[i]		geometry equi_IO.c	$VPON[i] = (VPRIME[i]+VPRIME[i+1]) / 2$ $VPON[max] = 0$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
GTH[i]		geometry	$GTH[i] = GTVP_rho[i] / VPON[i]$
GPH[i]		equi_IO.c	$GPH[i] = GPVP_rho[i] * VPON[i]$
GRHO2[i]			$GRHO2[i] = GRHO2_rho[i] / VPON[i]^2$

VPON sólo se utiliza para el cálculo de GTH , GPH , $GRHO2$. Estas variables se utilizan en el cálculo del campo magnético. En PRETOR-Stellarators el campo se calcula a partir del código VMEC y por esta razón se puede anular el cálculo de $VPON$ sin que afecte a la simulación.

volu_rho[i]

Volumen del plasma en el interior de la superficie magnética i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
volu_rho[i]		geometry equi_IO.c	

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
VPRIME[i]	Derivada del volumen respecto del radio menor	geometry equi_IO.c	Ver la tabla VPRIME[i]
dVol[i]	Volumen asociado a una superficie magnética	geometry equi_IO.c	Ver la tabla dVol[i]

Esta variable se substituye por el valor del volumen entre dos superficies leído del fichero de resultados de VMEC.

IV.3 FACTORES GEOMÉTRICOS

GTH[i]

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
GTH		geometry equi_IO.c	$GTH = GTVP_rho / VPON$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[It][i]	Corriente total	Fcurrent physic2.c	$PHYS[It] = \frac{2\pi R0}{\mu_0} GTH B_{pol}$
F[i]		Fcurrent physic2.c	$F = \sqrt{\sum_i \left(2 \frac{VPRIME}{\mu_0 GPH} \Delta P_{tot} + \frac{\Delta I_t^2}{GTH GPH} \right)}$ <p>Se utiliza para calcular el factor de seguridad y a partir de él la densidad de corriente, el campo magnético y el campo eléctrico</p>
PHYS[q][i]	Factor de seguridad	Fcurrent physic2.c	$PHYS[q] = GTH GPH \frac{F}{It}$
GEO7[i]	Factor geométrico	Fcurrent physic2.c	Ver tabla GEO7

GTH sólo afecta al cálculo del campo magnético y de la corriente, en consecuencia esta variable se puede anular en la simulación de stellarators porque el campo viene determinado por VMEC y la corriente únicamente viene dada por contribuciones no inductivas.

GEO7[i]

Factor geométrico.

Cálculo			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
GEO7[i]		Fcurrent physic2.c	$GEO7 = \frac{GTH}{\mu_0 Fl}$

Utilización			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
B2A B2B	Variables internas	Fcurrent physic2.c	$B2A = GEO7[3]/GEO7[2]$ $B2B = 1.0/(GEO7[2]*GEO6[2]);$ Se utiliza para calcular el campo poloidal (<i>PHYS[Bpol]</i>) y el voltaje por vuelta (<i>Eloop</i>)
SP[i] AI[i] B[i]	Variables internas	FieldDiff physic2.c	Se utilizan para calcular el campo magnético poloidal (<i>PHYS[Bpol]</i>)

Este factor geométrico no es necesario para la simulación de las descargas de stellarators. Por lo tanto ha sido suprimido en PRETOR-Stellarator.

GPH[i]

Cálculo			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
GPH[i]		geometry equi_IO.c	$GPH = GTVP_rho * VPON$

Utilización			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
Bpol	Campo magnético poloidal	Sawteeth physic.c	Recalcula en campo poloidal al producirse un diente de sierra
F[i]		Fcurrent physic2.c	Consultar tabla GTH
DA[i] tmp	Variable interna	Fcurrent physic2.c	$DA = F / GPH ; tmp = DA / (2\pi R_0 r)$ Se utilizan para calcular la densidad de corriente y la corriente de Bootstrap (<i>IBOOT</i>) y de current-drive (<i>ICD</i>)
PHYS[q][i]	Factor de seguridad	Fcurrent physic2.c	Consultar tabla GTH
PHYS[j][i] IBOOT I_CD	Densidad de corriente Corriente de <i>bootstrap</i> <i>Current-Drive</i>	Fcurrent physic2.c	$PHYS[j][max] = \left \frac{2}{2\pi R_0 GPH R_{max}} \right $ $IBOOT = \frac{PHYS[jboot][max]}{tmp}$ $ICD = \frac{PHYS[j_CD][max]}{tmp}$
GEO6[i]	Factor geométrico	Fcurrent physic.c	$GEO6 = 2 \frac{F[max]}{GPH[max] R[max]}$ Ver tabla GEO6

GPH sólo afecta al cálculo del campo magnético y de la corriente por lo que puede anularse en la simulación de stellarators.

GEO6[i]

Factor geométrico.

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
GEO6[i]		Fcurrent physic2.c	$GEO6[\max J] = 2 \frac{F[\max J]}{GPH[\max J]R[\max J]}$ $GEO6[i] = \frac{DA[i]}{R[i] - R[i+1]}$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
B2B	Variable interna	Fcurrent physic2.c	$B2B = 1.0 / (GEO7[2]*GEO6[2]);$ <p>Se utiliza para calcular el campo poloidal (<i>PHYS[Bpol]</i>) y el voltaje por vuelta (<i>Eloop</i>)</p>
A[i] B[i]	VARIABLES INTERNAS	FieldDiff physic2.c	Se utilizan para calcular el campo magnético poloidal (<i>PHYS[Bpol]</i>)

Este factor geométrico no es necesario para la simulación de las descargas de stellarators.

F[i]

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
F[i]		Fcurrent physic2.c	$F = \sqrt{\sum_1^i \left(2 \frac{VPRIME}{\mu_0 GPH} \Delta P_{tot} + \frac{\Delta I_i^2}{GTH GPH} \right)}$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
F[i]	Media de F entre dos superficies contiguas	Fcurrent physic2.c	Se utiliza para calcular el factor de seguridad y a partir de él la densidad de corriente, el campo magnético, el campo eléctrico así como GEO7
GEO6[max][i]	Factor geométrico	Fcurrent physic2.c	Ver tabla GEO6
PHYS[Bt][i]	Campo magnético toroidal	Fcurrent physic2.c	
F2[i] F2P[i]	Condición de recálculo del equilibrio.	init_profile equi_IO.c	$F2 = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 F[i]^2}{4\pi^2}$ Se utiliza como condición para el recálculo del equilibrio magnético
dF	Condición de recálculo del equilibrio.	init_profile equi_IO.c	$dF = \sum F2[i] - F2P[i] $ Si $dF > EquiRefresh$, se recalcula el equilibrio
F2prime[i]	Derivada de F2 respecto el flujo.	init_profile equi_IO.c	

Esta variable únicamente es utilizada en el cálculo de la configuración magnética, por lo que no es necesario conservarla en la simulación de stellarators.

IV.4 RADIOS

RM[i]

Radio menor (no normalizado) correspondiente a la superficie i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
RM[i]		init_equil equi_mesh.c	

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
VPRIME[i]	Derivada del volumen respecto del radio menor	geometry equi_io.c	Ver VPRIME[i]
RPos1[i]	Coordenada radial de la superficie i en su plano medio	geometry equi_io.c	$RPos[1] = R0 + RM[1]$ $RPos[i] = R0 + a * SHIFT[jk] + RM[jk] * sg$ Se utilizan para dibujar los perfiles de las distintas magnitudes físicas
P	Variable interna	HeatSource physic.c	$P = (RM[m] + RM[m-1]) / 2$ Se utiliza para calcular la densidad de potencia óhmica ($PHYS[pohm]$)
DA[i] k[i]	Variables internas	FieldDiff physic2.c	Son variables internas que sirven para calcular el campo magnético poloidal ($PHYS[Bpol]$)
R[i]	Promedio de RM de dos superficies contiguas	init_equil equi_mesh.c	Es el promedio de la variable RM de dos superficies consecutivas $R[i] = (RM[i] + RM[i-1]) / 2$ $R[1] = RM[1] + (RM[1] - R[2])$
tmp	Variable interna	Fcurrent physic2.c	$tmp = \frac{DA[i]}{2\pi R_0(R[i+1] - R[i])}$ Se utiliza para calcular la densidad de corriente ($PHYS[jj]$)
GEO6[i]	Factor geométrico	Fcurrent physic2.c	ver tabla GEO6

Esta variable se ha mantenido por su importancia y efectos en múltiples variables. En la versión PRETOR-Stellarators se determina a partir de los valores de volumen contenidos en el fichero de VMEC. RM es la base para definir $Drho$, distancia entre dos superficies, que aparece en el cálculo de multitud de variables.

rho[i]

Coordenada radio menor (normalizada) de la superficie i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
rho		make_mesh equi_mesh.c	$rho = 1.0 - (\text{double})i / (\text{double})radial_step$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
wnode[i][1] wnode[i][2]	Coordenada R de un punto sobre una superficie magnética	Fcurrent physic2.c	$wnode[\text{count}][1] = xmin + rho * (sepa[\text{ang}][0] - xmin)$
wnode[i][2]	Coordenada Z de un punto sobre una superficie magnética	Fcurrent physic2.c	$wnode[\text{count}][2] = ymin + rho * (sepa[\text{ang}][1] - ymin)$

Esta variable se mantiene en PRETOR-Stellarator pero se cambia el nombre por Rho para distinguirla del caso de tokamaks.

drho1, drho2

Distancia (normalizada) entre dos superficies magnéticas. El plasma se divide en dos zonas: la central abarca un 90% del radio menor total del plasma ($LARG2 = 0.9$), y contiene un número de superficies magnéticas equivalente a 3/5 del total de superficies. La zona más externa tiene un grosor del 10% de la columna del plasma ($LARG1 = 0.1$) y le corresponde 2/5 de las superficies magnéticas ($max1 = 2/5 max$). De esta forma la separación entre superficies externas, $drho1$, es menor que entre superficies interiores, $drho2$.

Cálculo			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
drho1 drho2		Update DK rare.c	drho1 = $LARG1 / (max1 - 1)$ drho2 = $LARG2 / (max - max1)$ $LARG1 = 0.1$; $LARG2 = 0.9$; $max1 = 2/5max$
drho1 drho2		LoadDat files.c	Idem

Utilización			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
VPON[i]	Derivada del volumen respecto del radio.	geometry equi_IO.c	Ver tabla de VPON[i]
PHYS[VP][i]	Promedio de $PHYS[VOL]$	geometry equi_IO.c	
rhoc	variable interna	psi_to_rho equi_IO.c	Utilizada en interpolación de volumen, superficie y otras variables geométricas
r	Coordenada radio menor (variable interna)	LoadDat files.c	
fit	Variable interna	SavePanCB files.c	Utilizada para almacenar temporalmente los datos a salvar en el archivo de resultados
R	Coordenada radio menor (variable interna)	display_global graphics.c	
CDE CDIO	Pérdida de energía por conducción	global physic.c	
Lint FlowD[i] FlowZ[i]	Inductancia interna Flujo de iones Flujo de impurezas	global physic.c	
FI	Variable interna	PartSource physic.c	Se utiliza para calcular el gas puffing y el flujo de átomos neutros
r	Coordenada radio menor (variable interna)	profHF physic.c	
redge rmix	Radio del núcleo de plasma donde se producen los dientes de sierra	Sawteeth physic.c	

R	Coordenada radio menor	Balloning CalcEta physic2.c	
grdNe grdTe grdTi	Gradiente de: densidad de electrones temperatura de electrones temperatura de iones	CalcEta physic2.c	Se utilizan en el cálculo de la densidad de corriente de <i>bootstrap</i>
It2[i] DA[i]	Variable interna	Fcurrent physic2.c	Se utilizan para calcular los campos magnéticos
t3 , t4 alp[i], Bp[i], Dp[i] Rapp	VARIABLES INTERNAS	HeatDiff physic2.c	Se utilizan en el cálculo del perfil de temperatura
alp Bp	VARIABLES INTERNAS	InitDiff physic2.c	Se utilizan en el calculo de MT1, MT2, DIAG
t1, t2 alp[i], Bp[i], Dp[i] Rapp	VARIABLES INTERNAS	NeuDiff physic2.c	Se utilizan en el cálculo de la difusión de los neutros
t1, t3 alp[i], SP[i], Bp[i] Rapp	VARIABLES INTERNAS	PartDiff physic2.c	Se utilizan en el cálculo de la difusión de iones
t3, t4 alp[i], Bp[i], Dp[i]	VARIABLES INTERNAS	ZNCDiff physic2.c	Se utilizan en el cálculo de la carga efectiva del plasma
r	Radio menor (variable interna)	CoefHeat CoefPart physic3.c	
grdN gdrT grdlota	Gradiente de: densidad de electrones temperatura. electrónica transformada. rotacional	CoefHeat physic3.c	
Vnl VnP	Velocidad de pinch neoclásica de los iones y de las impurezas	CoefPart physic3.c	
Vpl Vplmp	Velocidad de pinch de los iones y de las impurezas	CoefPart physic3.c	
rho	Coordenada radio menor (variable interna)	UpdateDK rare.c	
R1, R2 B1, B2 al, F1	Variable interna	interpole rare.c	Determina los nuevos perfiles de las variables físicas cuando se modifica el <i>mesh</i> . No es de utilidad en la simulación de stellarators

Como se puede apreciar por la extensión de la tabla anterior, estas variables son utilizadas en muchas rutinas del código y aparece en multitud de cálculos. Para la simulación de stellarators estas variables son substituidas por el vector $Drho[i]$ con un valor distinto para cada superficie magnética que es calculado a partir de la variable RM .

max1

Número de superficies magnéticas de la región más externa del plasma. *max1* corresponde a 2/5 del número total de superficies magnéticas consideradas, *max*, (consultar tabla drho1, drho2). En realidad no es una variable sino un parámetro de la simulación.

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
max1		LoadDat files.c	Se lee del archivo
max1		UpdateDK rare.c	Se introduce mediante el menú de parámetros

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
drho1	Espacio entre 2 superficies magnéticas	LoadDat files.c UpdateDK rare.c	
drho2	Espacio entre 2 superficies magnéticas	LoadDat files.c UpdatDK rare.c	
RM[i] A0	Radio menor	init_equil equi_mesh.c	Consultar tabla RM[i]

Además de las rutinas indicadas en la tabla precedente *max1* aparece como una condición en el cálculo en muchas funciones del código, principalmente en las que se utiliza *drho1* y *drho2*. Efectivamente, si se esta considerando una superficie entre las más externas ($i < max1$) se deberá usar *drho1* mientras que cuando se considera una de las superficies del centro del plasma ($i > max1$) se debe utilizar *drho2* en los cálculos correspondientes. En PRETOR-Stellarator se define el vector *Drho[i]* con el valor distinto para cada superficie, esto hace innecesario tener en cuenta *max1*.

IV.5 SUPERFICIES

Surf[i]

Área de la superficie magnética *i*.

Cálculo			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
Surf[i]		geometry equi_IO.c	

Utilización			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[FLUX][i]	Flujo de energía	HeatFlow physic.c	$PHYS[FLUX][i] = \frac{I_g \, dVol}{Surf[i]}$ <i>Nota: I_g es la densidad de energía</i>
S1	Flujo de partículas a través de la última superficie	Partsource physic.c	$S1 = \frac{\sum PHYS[SnbPart] * dVol}{Surf[2]}$ Se utiliza para calcular <i>GasPuff</i>
GasExt	Inyección de gas	Partsource physic.c	Se utiliza para calcular el gas puffing, <i>GasPuf</i> , y el flujo de neutros, <i>NeuFlowI</i>
Surface	Área de la separatriz	UpdateDK rare.c	
Pthreshold_LH	Potencia umbral de la transición L-H	UpdateDK rare.c	$Pthreshold_LH = 0.0049 \, Bt \, Surf[2]$
tval[4]	Flujo de neutros en la separatriz (<i>PhD</i>)	UpdateDK rare.c	$= NewFlowI * Surf[2]$
tval[5]	Flujo de impurezas en la separatriz (<i>PhImp</i>)		$= NewFlowP * Surf[2]$
P0	Variable interna	add_beta_time rare.c	$P0 = 4.9 \, 10^{-4} \, B_0 \, Surf[2]$

Esta variable se mantiene en la simulación de stellarators pero como en el caso de otras variables relacionadas con la geometría se calcula a partir del volumen y radios obtenidos del fichero de resultados de VMEC.

Contour[i][ang][k]

Coordenadas de un punto sobre la superficie magnética i en el ángulo poloidal ang . Dependiendo del valor de k se almacenan los siguientes datos:

- $k = 1$ Coordenada R
- $k = 2$ Coordenada Z
- $k = 3$ Gradiente de R
- $k = 4$ Gradiente de Z
- $k = 5$ Número de triángulo correspondiente a la separatriz
- $k = 6$ Número de nodo correspondiente a la separatriz

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
countour[1][ang][k]		make_first_contour equi_mesh	Coordenadas de los puntos de la separatriz
countour[i][ang][k]		add_surf equi_surface	Coordenadas de los puntos de todas las superficies excepto la separatriz

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
BR1 ; BR2 BZ1 ; Bz2 R1 ; R2 Z1; z2	Variables internas	integral equi_IO	Se utilizan para calcular diversas magnitudes geométricas como: <i>volume_psi</i> , <i>surf_psi</i> , <i>GTVP_psi</i> , <i>GPVP_psi</i> , <i>GRHO2_psi</i>
R0 a	Radio mayor Radio menor	make_first_contour equi_mesh	
rho_psi shift_psi	radio menor normalizado shift del eje de la superf.	find_contour equi_surface	
Coord[k].x Coord[k].y	Coordenas de los puntos sobre las superficies	PlotSurface toric1.c	Se utiliza para dibujar las superficies magnéticas en la <i>ventana "Plasma Equilibrium"</i> de PRETOR
Rc2 Zc2	Variables internas	TrajH toric2.c	Se utilizan para determinar la intersección de la línea de visión con las superficies magnéticas: <i>dLINE</i>
Rc2 Zc2	Variables internas	Traj toric2.c	Se utiliza para determinar la trayectoria de los haces de neutros de los pellets dentro del plasma: <i>dLNBI</i> , <i>dLPEL</i>

Esta variable se mantiene para que se puedan representar la forma de las superficies magnéticas y porque son necesarias para determinar la trayectoria dentro del plasma de los haces de neutros y de los *pellets*.

IV.6 CORRIENTES Y CAMPOS MAGNÉTICOS

PHYS[It][i]

Corriente total en el interior de la superficie i .

Cálculo			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[It][i]		Fcurrent physic2.c	$PHYS[It] = \frac{2\pi R_0}{\mu_0} GTH B_{pol}$

Utilización			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[j][i]	Densidad de corriente	Fcurrent physic2.c	$PHYS[j] = \frac{2F}{GPH} \frac{\Delta It}{2\pi R_0 \Delta R}$
Ig	Variable interna	Fcurrent physic2.c	$Ig = It/F$ Utilizada en el cálculo de $PHYS[j]$
johm	Densidad de corriente ohmica.	HeatSource physic.c	$J_{ohm} = \frac{1}{2\pi R_0} \frac{\Delta It}{V' \Delta R}$
error	Variable interna	FeedE physic.c	No se utiliza
TauG (τ_G) Taul (τ_i) TauOFFSET (τ_{offset})	Tiempo de confinamiento	global physic.c	$\tau_g = 0.037 I_t R_0^{1.75} \kappa^{\frac{1}{2}} \left(\frac{3M_g}{2}\right)^{1/2} P_{in}^{-1/2} a^{-0.37}$ $\tau_i = 0.48 I_t^{0.05} R_0^{1.2} a^{0.3} \kappa^{1/2} M_g^{1/2} n_{e,20}^{0.1} B_t^{0.2} P_{in}^{-1/2}$ $\tau_{offset} = 0.064 M_g^{0.2} I_t^{0.8} R_0^{1.6} a^{0.6} \kappa^{1/2} n_{e,20}^{0.6} B_t^{0.33} P_{in}^{-1} + 0.04 M_g^{1/2} I_p^{1/2} R_0^{0.3} a^{0.8} \kappa^{0.6}$
PHYS[poh]	Potencia óhmica	HeatSource physic.c	$poh = E 2\pi R_0 \frac{\Delta It}{VPRIME \Delta R}$
tval[0]	Corriente total del plasma	update_time rare.c	tval[0]=PHYS[It][2] Sirve para dibujar la traza temporal
Lint	Inductancia interna	global physic.c	$Lint = \frac{8\pi R_0 a}{\mu_0^2 It^2} \sum_i B_{pol}^2 GTH \Delta \rho$

En un stellarator el plasma no dispone de corriente inductiva, por lo que el valor de esta variable viene dado únicamente por la corriente de *bootstrap* y por la *current-drive*.

PHYS[j][i]

Densidad de corriente total de la superficie i .

Cálculo			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[j][i]		Fcurrent physic2.c	$PHYS[j] = \frac{2F}{GPH} \frac{\Delta I t}{2\pi R_0 \Delta R}$

Utilización			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[E][i]	Voltaje	LoadDat files.c UpdateDK rare.c	$PHYS[E] = \eta (j - j_{boot} - j_{CD})$
PHYS[poh][max]	Densidad de potencia óhmica (en el eje)	HeatSource physic.c	$P_{oh} = E \cdot j$ NOTA: $PHYS[Poh][i]$ se calcula a partir de $PHYS[It]$, $VPRIME$, RM
Jt	Variable interna	CoefHeat physic3.c	Se utiliza para calcular el gradiente de temperatura crítico del modelo RLW: $PHYS[gradCrit]$

En los stellarators la densidad de corriente viene dada únicamente por la suma de las contribuciones de la corriente de *bootstrap* y *current-drive*.

PHYS[jboot][i]

Densidad de corriente de *bootstrap* de la superficie *i*.

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[jboot][i]		CalcEta physic2.c	$PHYS[jboot] = \frac{1.6 \cdot 10^{-3} (1 - 0.8 R^3) \frac{q}{a}}{\sqrt{B_t^2 + B_{pol}^2} (R a / R_0)^{1/2} (1 + \mu^*)} x$ $x - [n_e (0.69 \nabla T_e - 0.42 \nabla T_i) + 2.44 (T_e + T_i) \nabla n_e]$ $\mu^* = \frac{0.00084 R_0 Z_{eff} n_e q}{(R a / R_0)^{3/2} T_e^2}$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[E][i]	Voltaje	LoadDat files.c UpdateDK rare.c	$PHYS[E] = \eta (j - j_{boot} - j_{CD})$
Ereq	Variable interna	FeedE physic.c	$Ereq = \eta (j_{boot} + j_{CD} + j_{loc})$ sirve para calcular el voltaje de vuelta (<i>Eloop</i>)
IBOOT	Integral de la densidad de corriente de <i>bootstrap</i>	Fcurrent physic2.c	$IBOOT = F \left(\frac{IBOOT}{F} - j_{boot} \frac{2\pi R_0 GPH \Delta R}{F} \right)$ Se utiliza para mostrar su valor en la tabla de "Global Parameters"
DA[i]	Variable interna	FieldDiff physic2.c	Sirve para calcular el campo magnético poloidal ($PHYS[Bpol]$)

PHYS[j_CD][i]

Densidad de corriente no inductiva, “current drive”, de la superficie i .

C á l c u l o			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[j_CD][i]		CalcEta physic2.c	$PHYS[j_CD] = \frac{2\pi \cdot 10 \cdot CD_{Reff} \cdot P_{ad,HF}}{n_e}$

U t i l i z a c i ó n			
Variable	Magnitud	Localización	Observaciones
PHYS[E][i]	Voltaje	LoadDat files.c UpdateDK rare.c	$PHYS[E] = \eta(j - j_{boot} - j_{CD})$
Ereq	Variable interna	FeedE physic.c	Consultar jboot
ICD	Integral la densidad de current drive	Fcurrent physic2.c	$ICD = F \left(\frac{ICD}{F} - j_{CD} \frac{2\pi R_0 \cdot GPH \cdot \Delta R}{F} \right)$ Se utiliza para mostrar su valor en tabla de “Global Parameters”
DA[i]	Variable interna	FieldDiff physic2.c	Consultar jboot