

Pasos

1. Construimos varios modelos de galaxias elípticas con halo y sin halo para ver el efecto del halo. Para construir los modelos iniciales se usaron:

- Modelo de Hernquist para el halo $\Phi(r) = \frac{-GM}{r+a}$, $a = scalelength$, $r_J = (1 + \sqrt{2}) * a$
- El modelo de Jaffe para el bulbo $\Phi(r) = \frac{-GM}{r_J} \ln(\frac{r}{r+r_J})$

donde

- M = total mass
- r_J = half mass radius
- Al transformar a unidades adimensionales $G=M=1$

los 2 modelos obtenidos:

- Esinhalo.xvp solo bulbo 20000 partículas con masa 4.99999987E-05
- Econhalo.xvp bulbo(10000 partículas con masa 9.99999975E-06) y halo(40000 partículas con masa 2.24999985E-05)

Miramos los 2 modelos con nora y vemos que la masa total es 1 en los 2 así que no hace falta escalarlos

2. Relajar el modelo

Siempre hay que ejecutar tree500 para relajar los modelos iniciales aunque esté en equilibrio virial($E_p = -2E_c$) para usar el mismo epsilon(softening)

Parametros modificados en TEEEPAR:

- $t_{Cross} = \sqrt{R^3/M}$, R = radio media masa(lo miramos con nora), $M = 0.5$ (el modelo ya está en unidades adimensionales)
- $dt = t_{Cross} / 10$
- $totalTime = 20(-30) * t_{Cross}$

- si elegimos $\text{totalTime} = 20 * \text{tCross}$ entonces $\text{nsteps} = 200$ siempre
 - $\text{eps} = 0.125(-0.2) * \text{RadioMediaMasa}$
3. ejecutar kepler para sacar los parametros para setorb
 Despues de relajar los modelos miramos el radio total calculamos la separación de los 2 objetos $\text{sep} = 3 * \text{Rt}$ y la introducimos en kepler después de escoger la opción 2. Se obtienen V_r , V_t (en el caso de una órbita parabólica: $\text{eccentricity} = 1$ $V_t = 0$, pero para $\text{eccentricity}=0.7$ - órbita elíptica $V_t \neq 0$) y Period (el tiempo necesario para el encuentro)
 4. ejecutar setorb con la entrada sep y velocidad obtenidas de kepler y salida el modelo con los 2 objetos en orbita
 5. escalar el modelo obtenido: $M_2/M_1 = 1/1.33 = 0.751$, $R_2/R_1 = \sqrt{M_2/M_1} = 0.8671$
 6. ejecutar tree500 con el modelo obtenido con setorb dejando los demas parámetros igual que en el paso, sólo modificamos nsteps con el valor un poco mas grande que el Period obtenido en kepler. El valor sale demasiado grande y es inválido así que ejecuto tree500 varias veces con el $\text{nsteps} = 2000$

Análisis

- Como he ejecutado tree500 varias veces y no he guardado TREELOG, TREEORB y TREEAM intermedios, estos ficheros se sobrescriben cada vez que se ejecuta tree500. Hay que sacar los valores del modelo de otra forma
- numberModel que aparecerá en los gráficos es el número de modelo: la relacion con el tiempo es $t = \text{noutbod} * \text{numberModel} * \text{dt}$, donde $\text{noutbod}(20)$ y dt son los parámetros de TREEPAR, entonces $\text{totalNumberModels} = \text{nsteps} / \text{noutbod}$
- Los valores del radio para fracciones de masa de 0.1, 0.5, 0.8, 0.99 se obtuvieron con un script python que ejecutó R_m para todos los modelos ($200/20 = 10$ modelos)

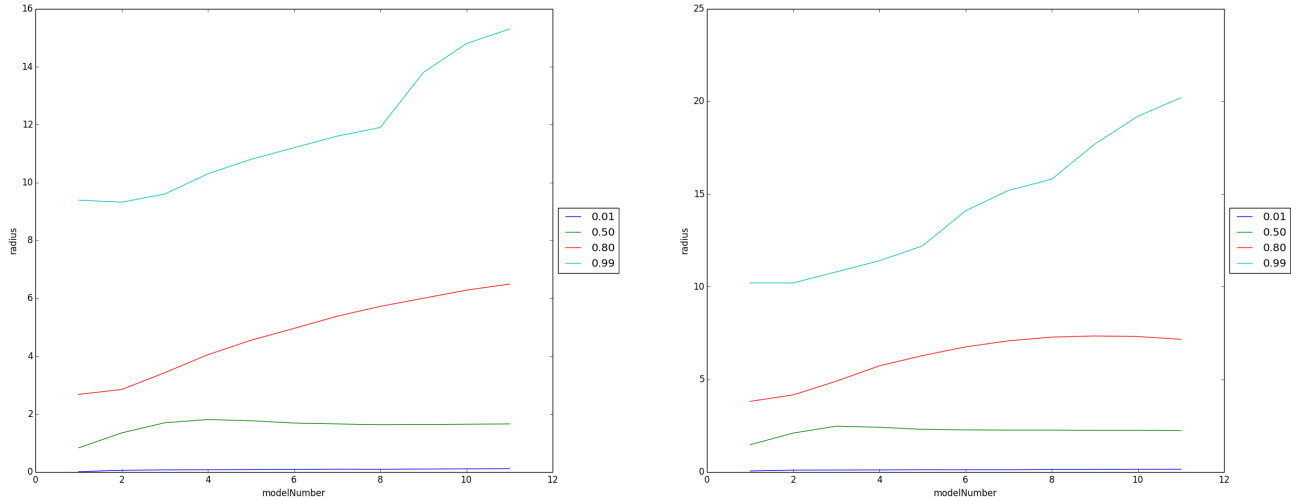


Figura 1: *Relajación del modelo (primera ejecución de tree500), a la izquierda el modelo sin halo, a la derecha el modelo con halo donde se representa el valor del radio correspondiente a varias fracciones de masa (ver la leyenda)*

- las 2 con halo

con halo numberModels = 265 \Rightarrow Time = 1335.6 menor que period (calculado con kepler) 4171.98 Representamos el radio del sistema binario con la evolución del tiempo

Distancia entre los centros (de masa) de las 2 galaxias Se obtuvo ejecutando para cada model (script python que usa expect con nora)

```
bodsrange 1 fin1
medcent
bodsrange fin1+1 fin2
medcent
```

donde fin1 es es numero de la ultima partícula del primer sistema (en este caso 50000) y fin2 es el numero total de partículas La distancia entre los 2 centros está definida por la salida del segundo medcent
 median position : 1.801E-04 1.954E-01 -8.183E-02 en este caso la

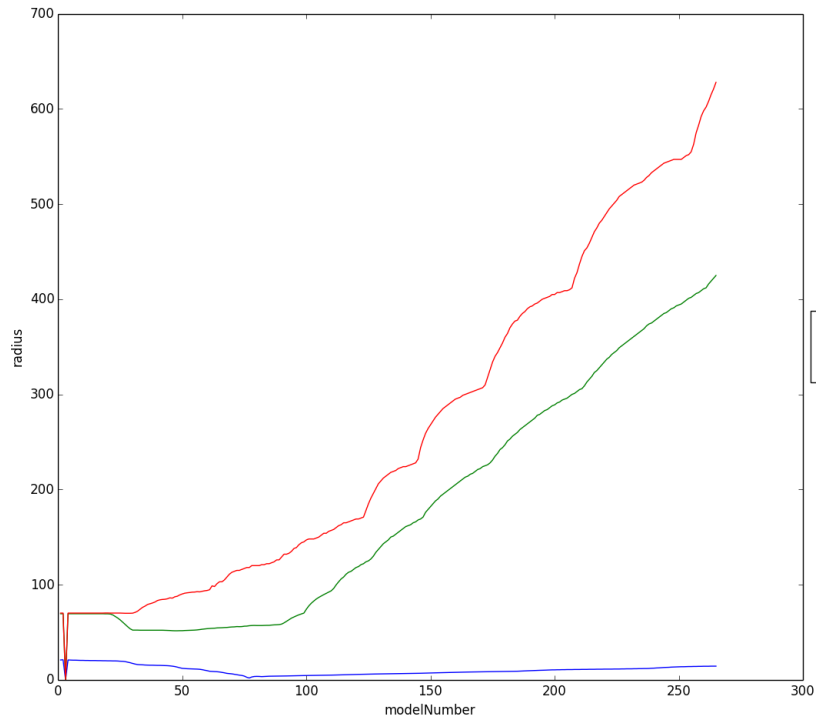


Figura 2:

distancia es $(1.801E-04 **2 + 1.954E-01**2 + 8.183E-02**2)**0.5 = 0.2118427278336691$

Como se ve en el radio del sistema binario igual que en la distancia de los 2 centros para el modelNumber 3 hay una caída en el gráfico y mirando el modelo 3 con nora es solo un punto(PORQUE?)

(Luego he ejecutado de nuevo tree500 para el modelo inicial(después de poner los 2 objetos en órbita) con halo(los 2) con nsteps = 61(noutbod=20) para ver que pasó con modelNumber=3 y salió bien)

El siguiente mínimo para la distancia es para el modelo 89(con el valor mínimo de la distancia 0.2118427 comprobado en nora) y la imagen para radio 50 (points 50) es la siguiente:

medcent centra por la mediana de posiciones, para centrar por el centro

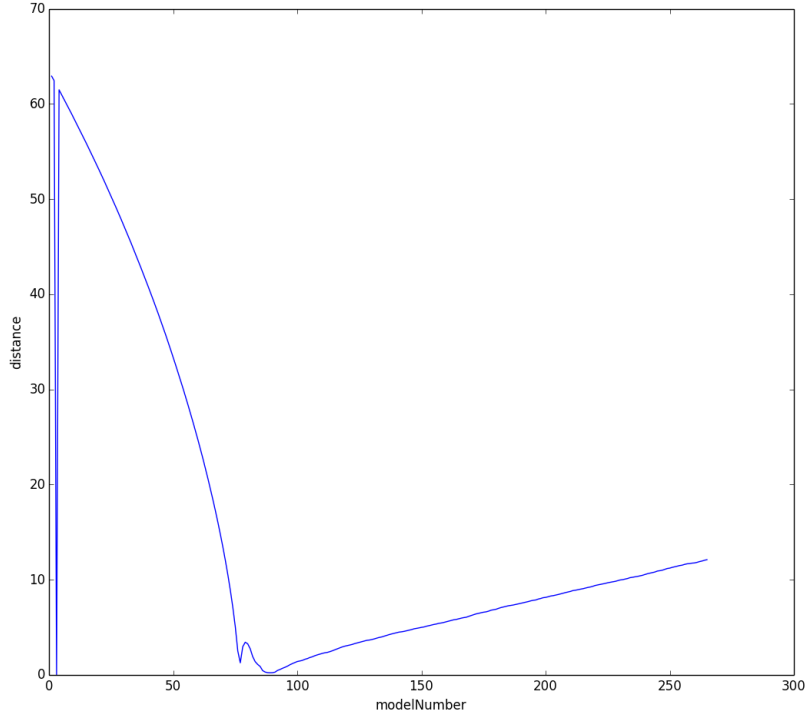


Figura 3: *Distancia entre los centros de las 2 galaxias obtenida en nora con medcent*

de masas hay que usar cmcent El radio y la distancia entre los centros de los 2 sistemas se pueden obtener tambien directamente del modelo(sin usar nora), para ello sacamos los modelos para cada modelNumber con xvp-asc lo que hay que hacer si queremos representar como varía la velocidad(en nuestro caso nos interesa la velocidad radial) o el momento angular en el tiempo

Calculando el centro de masas de cada sistema con : $\sum m_i r_i$ (M=1), donde m_i es la masa de cada partícula y r_i es la posición y luego haciendo la diferencia entre los 2 valores se obtiene el gráfico para la distancia(el gráfico es diferente del gráfico obtenido con medcent pero es muy parecido al gráfico obtenido en nora con cmcent - tienen el mismo mínimo para modelNumber = 77)

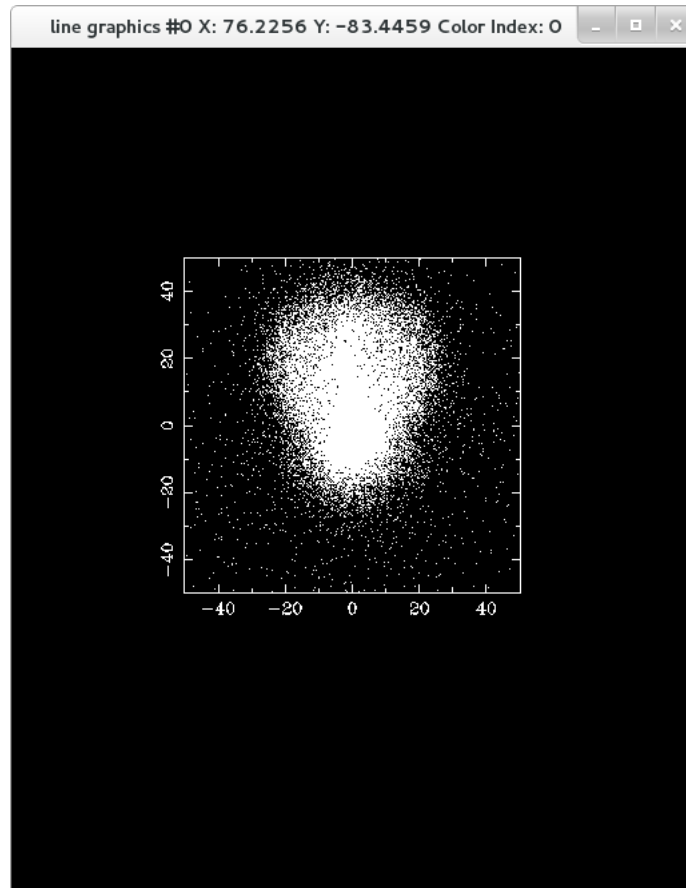


Figura 4: *points 50 para modelo 89*

El mínimo en el modelo 3 sigue igual(el problema del modelo anterior), pero el siguiente mínimo es esta vez 77 y la imagen obtenida con nora al radio máximo 50 es:

Ebind para el sistema en orden izq-derecha, top-down (modelNumber: 1,2,20,50,100,150,200,265)

Probar Vaucouleurs law(el perfil Sersic para galaxias elípticas - el exponente del radius $n = 4$): $I(r) = I_0 * e^{-kr^{\frac{1}{4}}}$ $\implies \ln(I(r)) = \ln(I_0) - kr^{\frac{1}{4}}$, donde $I_0 = I(0)$, I es el brillo superficial que es proporcional a la densidad de masa proyectada Consideramos el modelo 77 (cuando están mas cerca) y observamos que la parte intermedia sigue el perfil, pero en la parte central el brillo es menor que esperado(por el softening?) y en la parte exterior es

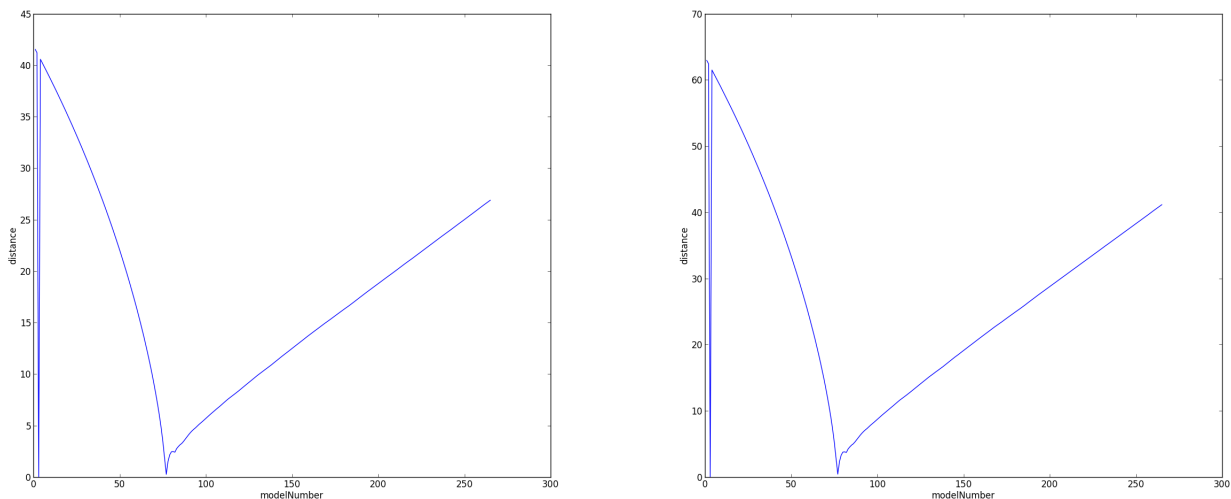


Figura 5: *La evolución de la distancia de los centros de masa de las 2 galaxias: a la izquierda calculado con cmcent y a la derecha calculada de los valores del modelo*

un poco por encima del perfil (por las partículas que se escapan - hay mas partículas que se escapan en este tipo de colisión que si las masas fueran iguales)

Para seleccionar solo las partículas del bulbo de las 2 hay que usar `bodsreloc` (`bodsrange` no admite mas de 1 intervalo)

```
bodsreloc 50001 60000 10000
```

en este caso y luego `bodsrange`

2 galaxias de masas diferentes van a fusionar en una que va a tener la velocidad de rotación mayor que si fueran de masas iguales. Las fuerzas de marea en este caso son mas eficientes y la fricción dinámica menor. Los sistemas con mayor masa van a tener mas velocidad de rotación (del T. virial) y mas dispersión de velocidad (el halo explica asi velocidades mas grandes a radius mas grandes donde la velocidad tenía que ser menos que la observada - por el desplazamiento en las líneas espectrales - si se calculara la masa solo teniendo en cuenta las partículas luminosas). Se puede ver en el grafico de la energia (la comparación) que los modelos con halo tienen mas energia

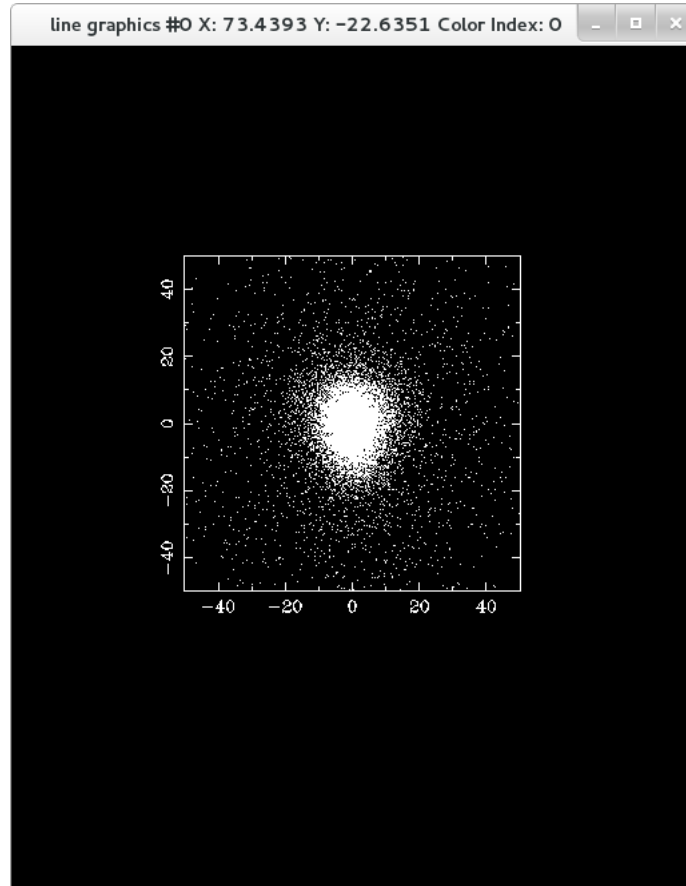


Figura 6: *points 50 para modelo 77*

cinetica y potencial al encuentro y que en el caso de 2 objetos de la misma masa la energia cinetica es mucho mayor que en el caso que $M1/M2 = 3$. Para las galaxias elipticas la velocidad de rotación es menor que la dispersión de velocidad y cuanto mayor es la masa v/σ es menor

En el caso de las fusiones de elipticas de masa diferente las conchas formadas por las particulas(estrellas) del modelo(galaxia) de menor masa son mas visibles. Se pueden ver en el grafico de la velocidad de rotación en función del radius

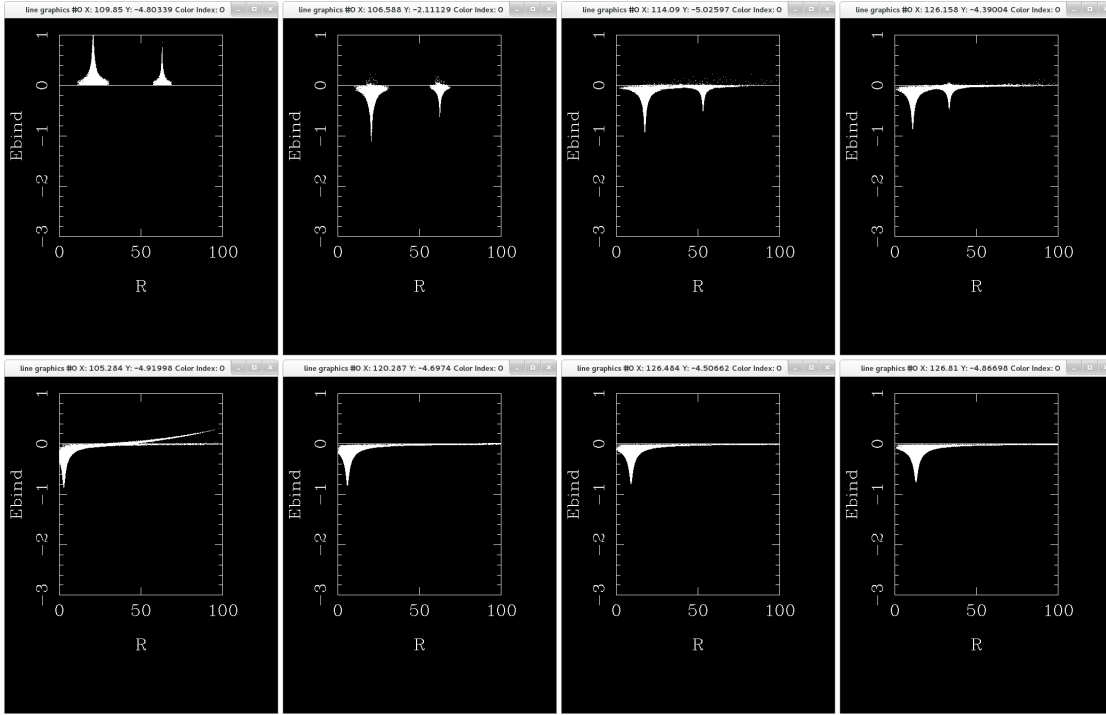


Figura 7: *Ebind*

Comparacion

Comparacion entre las situaciones: de izq a derecha: los 2 con halo, los 2 sin halo, el primero(masa mayor) sin halo y el segundo sin halo, el primero sin halo y el segundo con halo, los 2 con halo en una órbita elíptica (las 4 anteriores se hicieron con orbita parabolica). El dt en TREEPAR es diferente para la situación los 2 sin halo, pero para las demás se dejó igual que en el caso las 2 con halo

La simulación no ha acabado. La fusión acaba después de varios encuentros(aquí es solo 1). Hay todavía partículas que se escapan.

Issues

- xvp-asc solo soporta filename length menor o igual 40 (he cambiado pero no funciona)

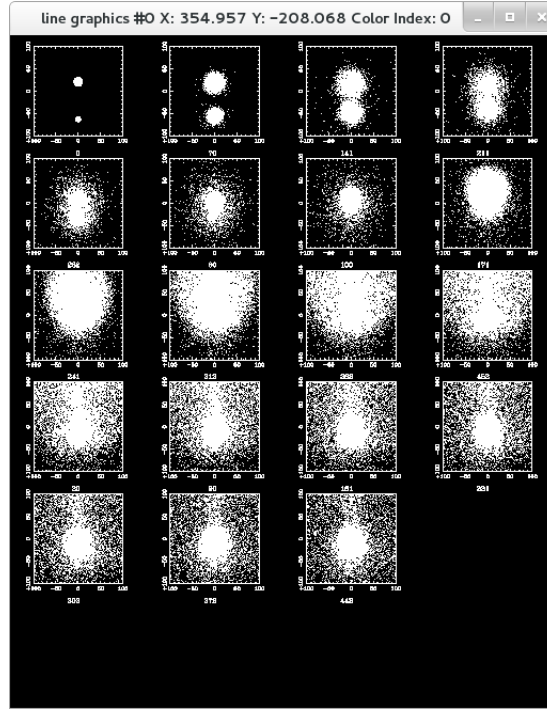


Figura 8: *Evolucion del sistema binario los 2 con halo(salida de nora manypts)*

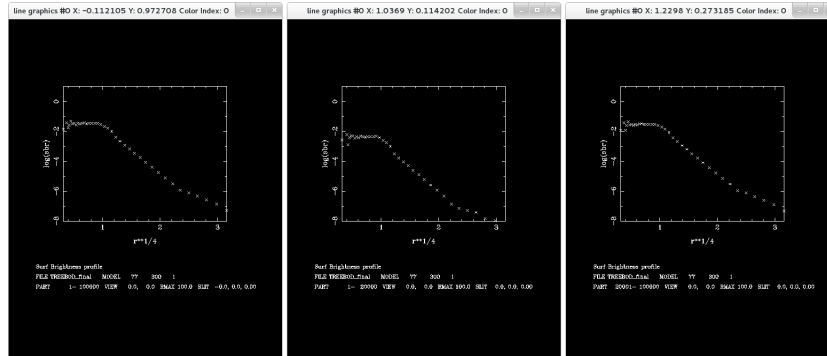


Figura 9: *sbr 100 2 para el modelo 77 entero, solo bulbo, solo halo*

- Como puedo reemplazar un modelo de un fichero con otro de otro fichero?(en el caso anterior con halo, modelo 3 sali3 mal por la primera vez)

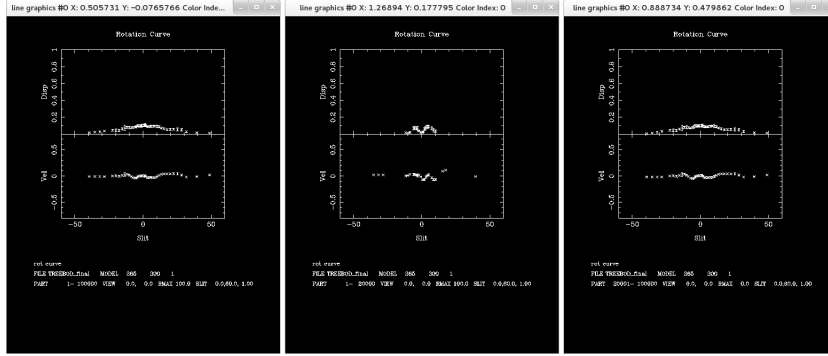


Figura 10: *rotc 0 60 1* para modelo 265 entero, solo bulbo, solo halo

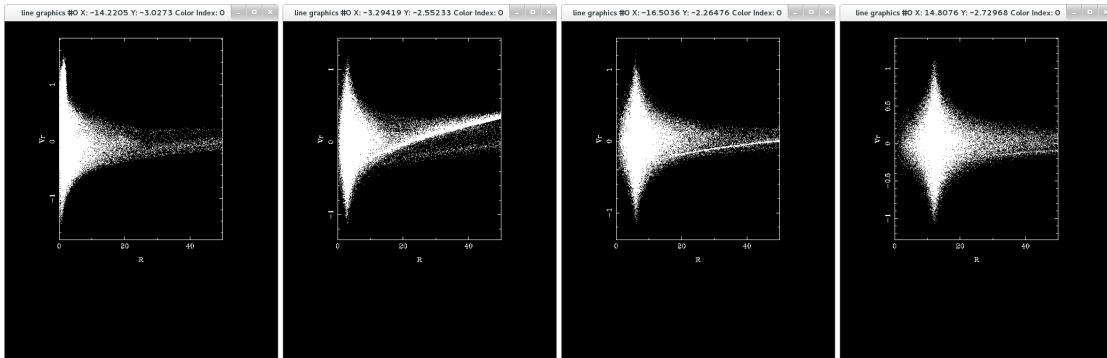


Figura 11: *velR* para modelo 77, 100, 150, 250

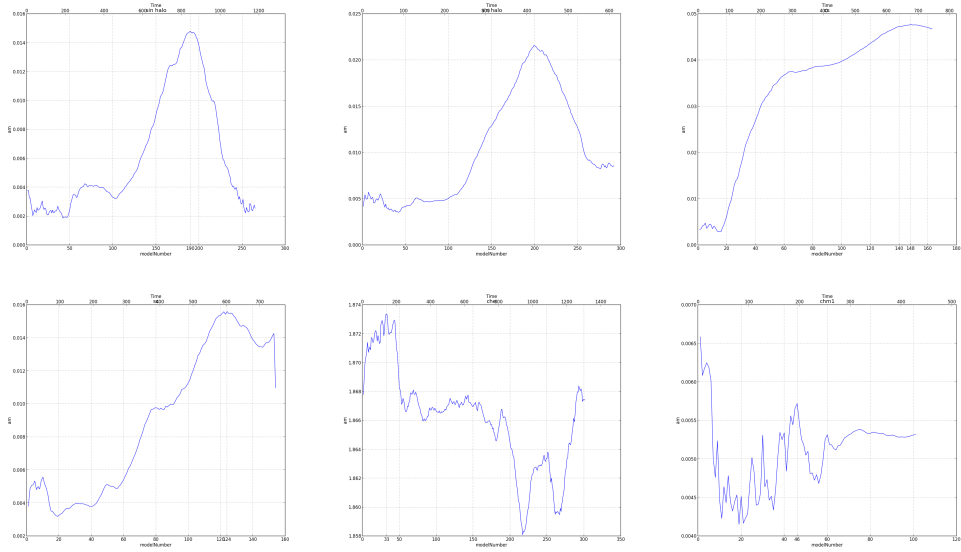


Figura 12: *Momento angular*

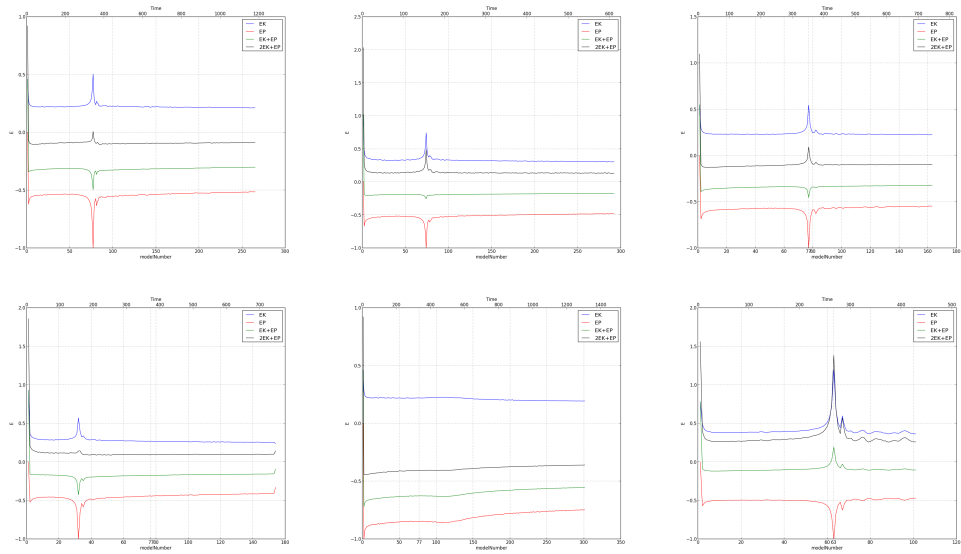


Figura 13: *Energia*

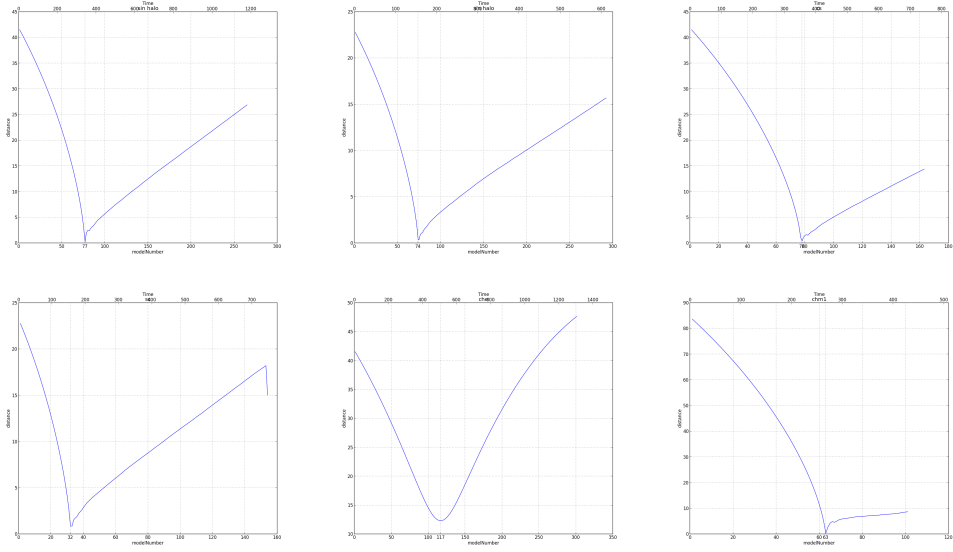


Figura 14: *Distancia entre los centros de los 2 objetos*

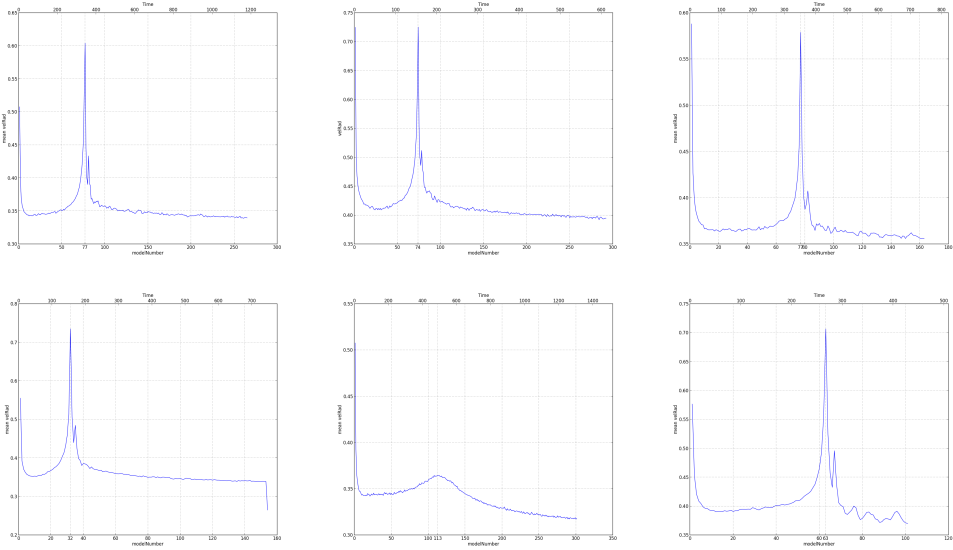


Figura 15: *mean vr*

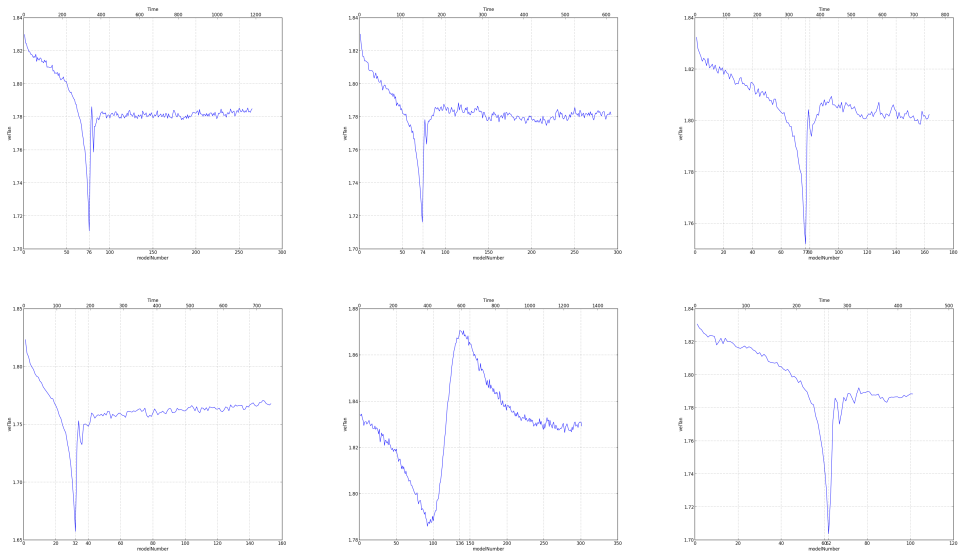


Figura 16: *mean vt*