

---

# Modélisation des systèmes d'Accrétion-Ejection

Fabien CASSE

`fcasse@rijnh.nl`

Post-doc du RTN PLATON

Membre du GdR PCHE

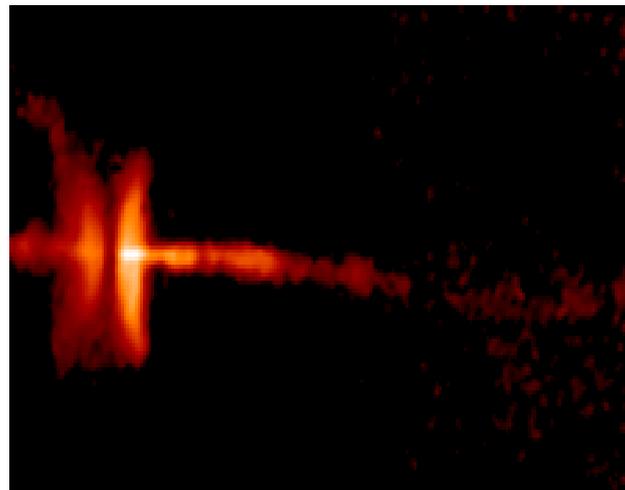
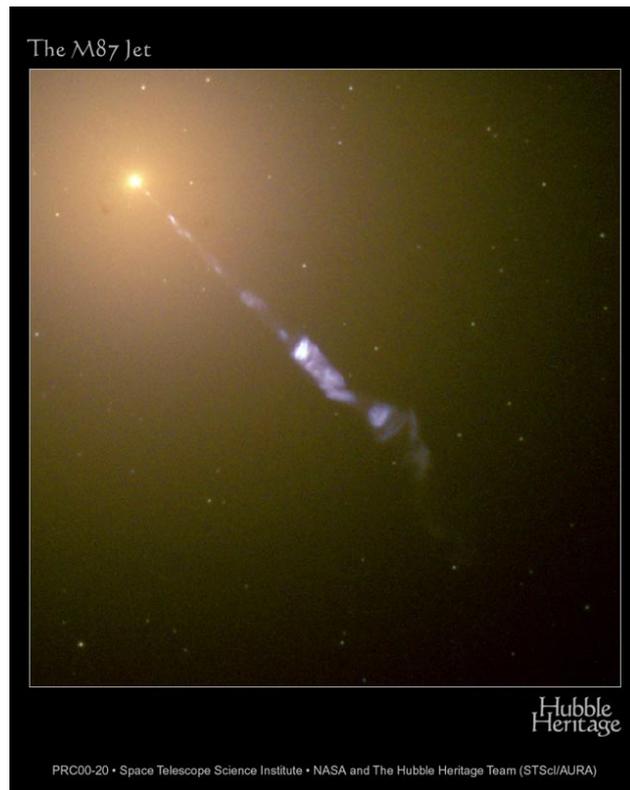
FOM - Institute for Plasma physics "Rijnhuizen"  
Nieuwegein, The Netherlands



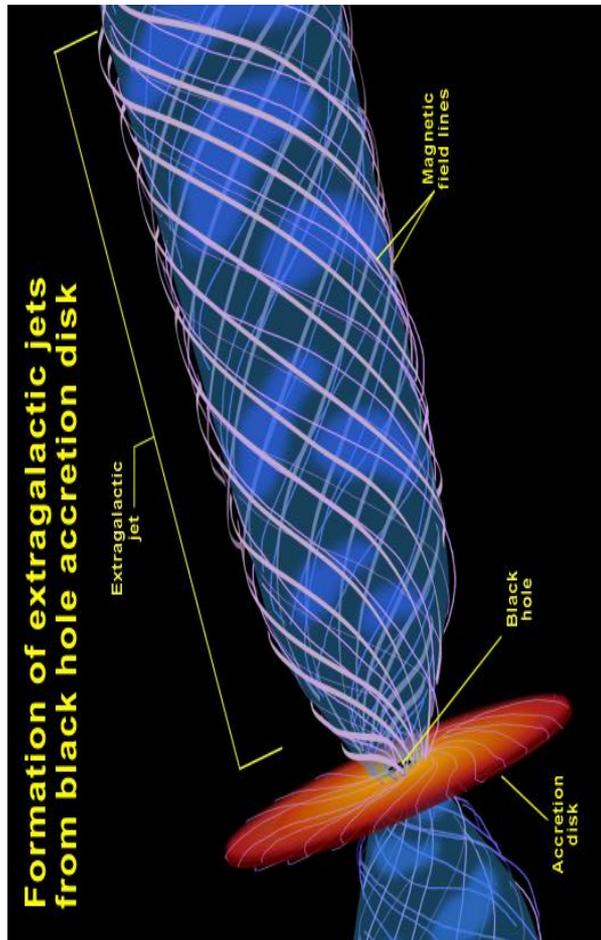
# Jets Astrophysiques

3 types de systèmes:

- (●) Etoiles jeunes de faible masse.
- (●) Noyaux actifs de galaxies (NAG).
- (●) Systèmes Binaires X ( $\mu$ quasars).

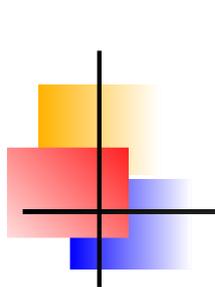


# Jets de disques



(●) Champ magnétique-Disque:

- Freinage de la matière du disque  $\Rightarrow$  Accrétion.
- Utilisation de l'énergie d'accrétion pour propulser le jet + Collimation par champ magnétique.
- Equilibre du disque propice aux jets quand  $B^2/\mu_0 \sim P$ .



# Modélisation MHD: VAC

(●) Versatile Advection Code

(G.Tóth & R. Keppens):

⇒ Code multidimensionnel avec plusieurs modules physiques (HD, HD visqueux, MHD idéale, résistive, etc...).

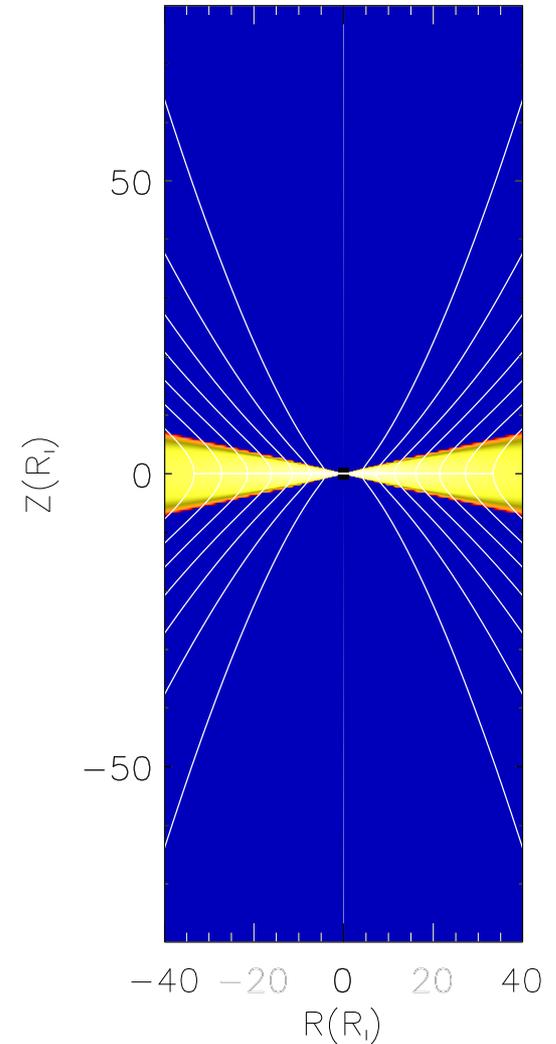
⇒ Code aux volumes finis permettant d'intégrer de façon conservative les équations.

(●) Possibilité d'utiliser des grilles cartésiennes, cylindriques ou sphériques non régulières.

# Grille et conditions initiales

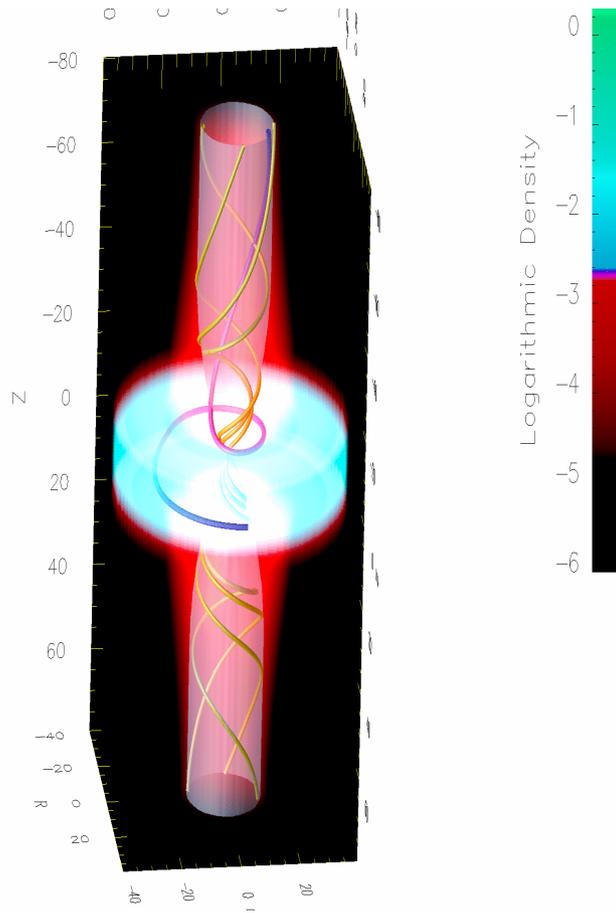
- (●) Configuration initiale
- (●) Disque standard avec résistivité  $\alpha$  (nulle en dehors du disque) + Champ magnétique bipolaire.
- (●) Résolution du jeu complet d'équations MHD mais négligeant les pertes radiatives dans l'équation d'énergie (contraintes obs).

Start animation



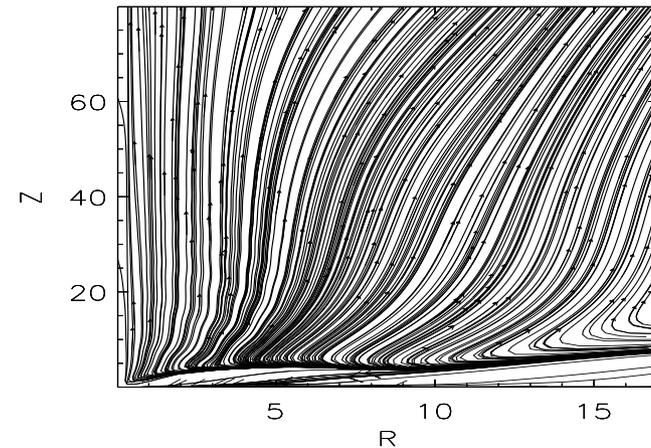
# Disques & Jets

3D Axisymmetric MAES — Casse & Keppens (2003)



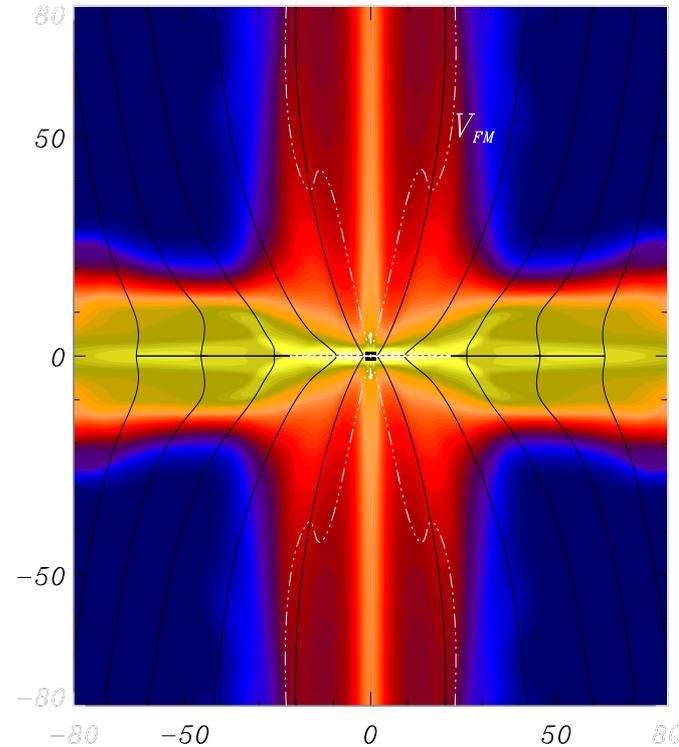
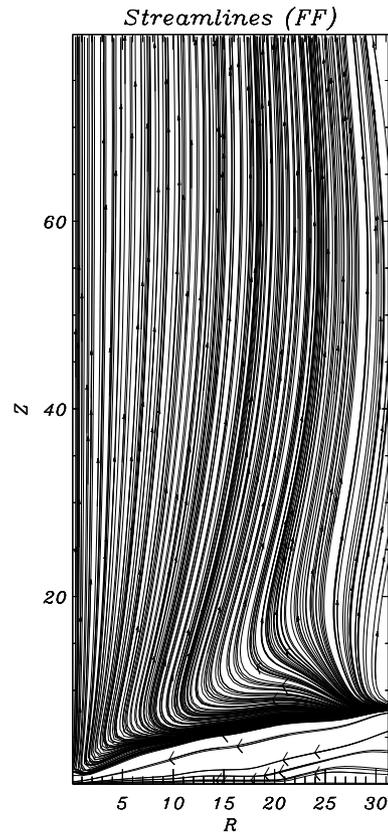
(●) Accrétion et éjection cohabitent.

(●) Une fraction du disque est envoyée dans le jet.



Casse & Keppens ApJ (in press)

# Test sur la collimation du jet



(●) Conditions aux limites "Force-free" sur  $B_\theta$  + Taille de boîte différente.  $\Rightarrow$  Même taille de jet et collimation.

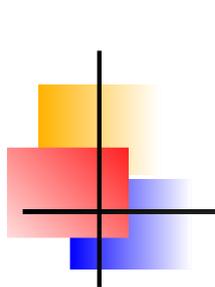
# Bilan énergétique

- (●) Structure différente des ADAF (disques non-radiatifs HD).
  - (●) Majorité de l'énergie d'accrétion est envoyée dans le jet !
  - (●) Energie du jet: 50% cinétique, 40% magnétique and 10% enthalpie
- ⇒ On obtient des jets chauds où  $P \sim B^2 / \mu_0$ .

# Accretion ou Ejection..



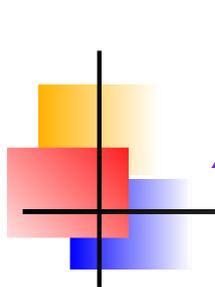
Ejection



# Perspectives

---

- Prochaine étape (en cours): modélisation 3D avec une grille adaptative  $\Rightarrow$  AMRVAC non-relativiste déjà opérationnel !
- En cours d'application : AMRVAC relativiste (version relativité spéciale: J. Bergmans & B. Achterberg) Jet relativiste
- Couplage MHD-Fokker Planck pour accélération d'électrons et de rayons cosmiques (Coll. avec A.Marcowith)  
 $\Rightarrow$  Production de spectres de particules



# Astroparticules ...

---

- Accélération de rayons cosmiques: interaction entre des particules supra-thermiques et objets astrophysiques (Super-novae, Hot-Spots, etc...)
- Equations Fokker-Planck décrivent l'accélération, mais besoin d'une description MHD de l'enceinte astrophysique
- Couplage entre MHD et Code Fokker-Planck utilisant les équations stochastiques différentielles.
- Modélisation de la production de neutrinos UHE par interaction Rayons Cosmiques et rayonnement local (ANTARES).