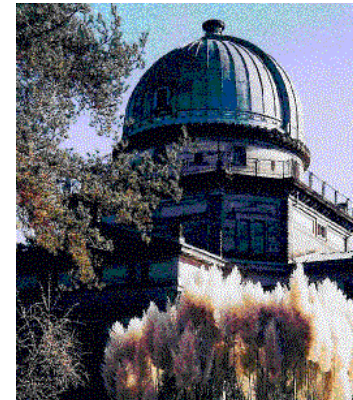


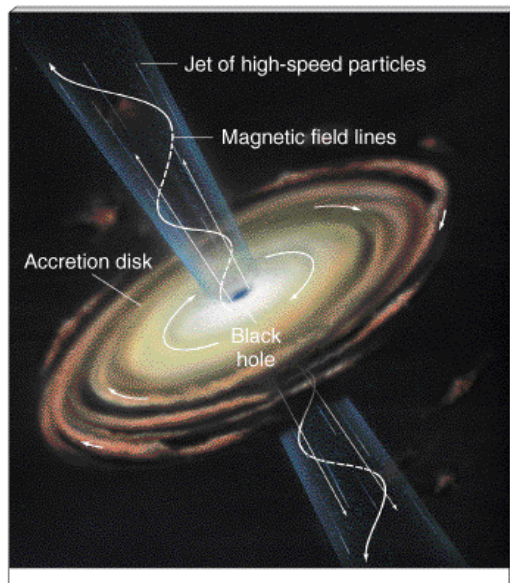
# Accélération de particules dans les jets dissipatifs

Nicolas Girard – G.R.P.H.E.

En collaboration avec  
Jean Heyvaerts – Observatoire de Strasbourg

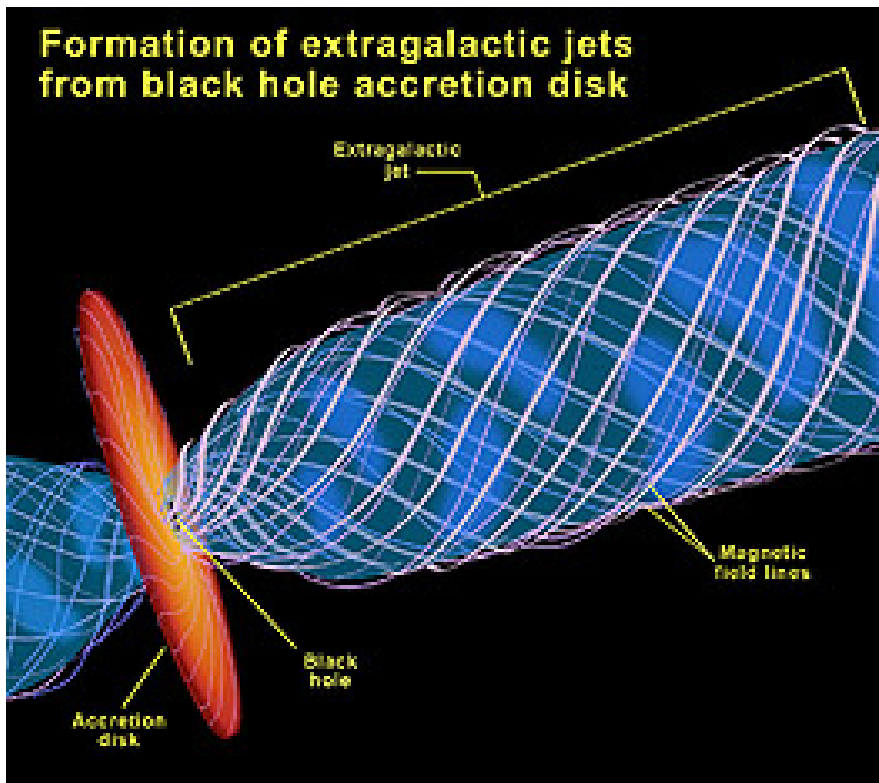


# Noyaux Actifs de Galaxies : modèle unifié



- Deux sources possibles de  $\nu$  de haute énergie:
  - Environnement du trou noir
  - Jet bipolaire

# Les jets : le modèle MHD standard



- Modèle MHD:  
jet = vent MHD
  - en rotation
  - auto-collimaté

# Les travaux en cours

- Collaboration avec l'Observatoire de Strasbourg
- Modèle de jets dissipatifs:
  - Dissipation effective, dûe à la turbulence
  - Représente la quantité d'énergie lib er e par les champs EM aux particules
  - Effets dissipatifs représentés par
    - Viscosité effective  $\nu_*$
    - Résistivité effective  $\eta_*$

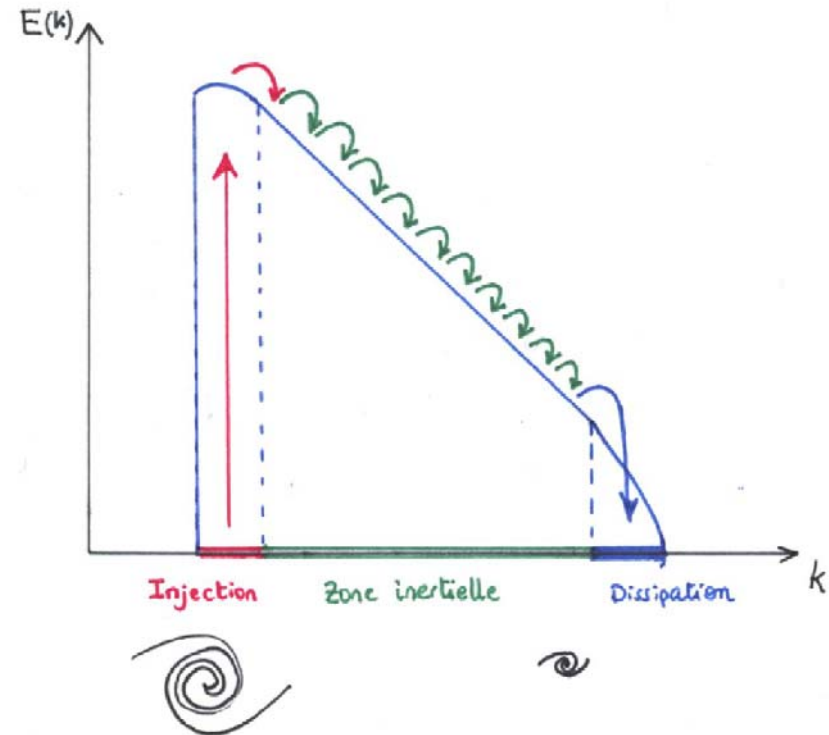
# La dissipation dans les jets

- Origine de la dissipation:
  - Les jets magnétisés en rotation sont **instables** → turbulence MHD
  - La turbulence MHD fournit de l'énergie par dissipation:
    - Chauffage
    - Accélération de particules

# La turbulence produit de la dissipation

## Le modèle de turbulence développée de Kolmogorov

- Simplification du phénomène
- Mais met en jeu des caractéristiques essentielles, que l'on retrouve dans la réalité



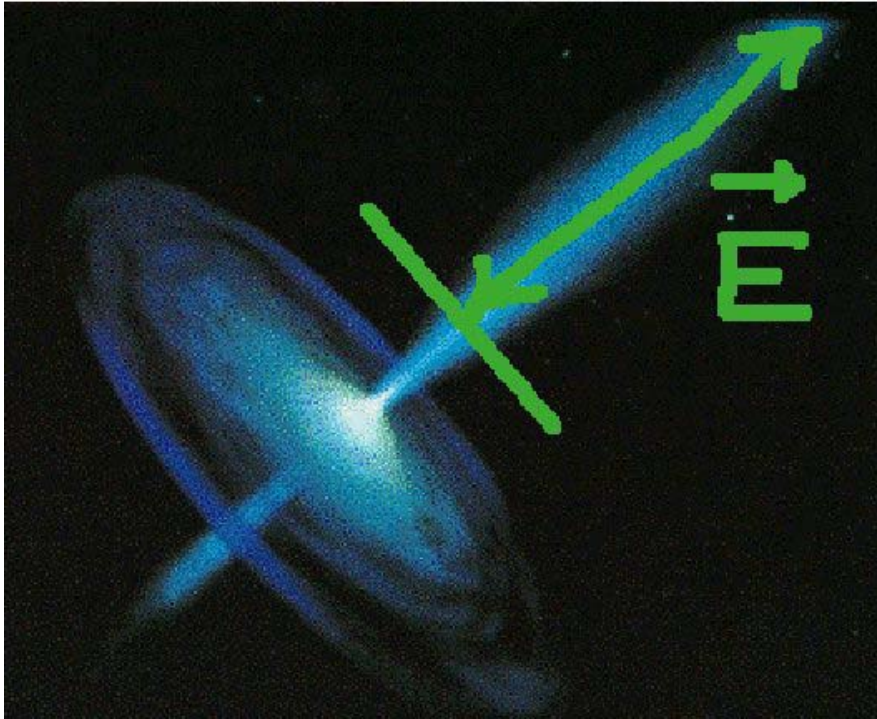


# Apports d'un modèle prenant en compte la dissipation

- Explique les observations qui posaient problème
  - temps de vie des e- synchrotron
  - distribution de la brillance de surface
- Impact direct sur les aspects globaux de la dynamique du jet
  - angles d'ouverture
  - profils de vitesse radiale
- La dissipation comme source d'accélération de particules



# Notre modèle

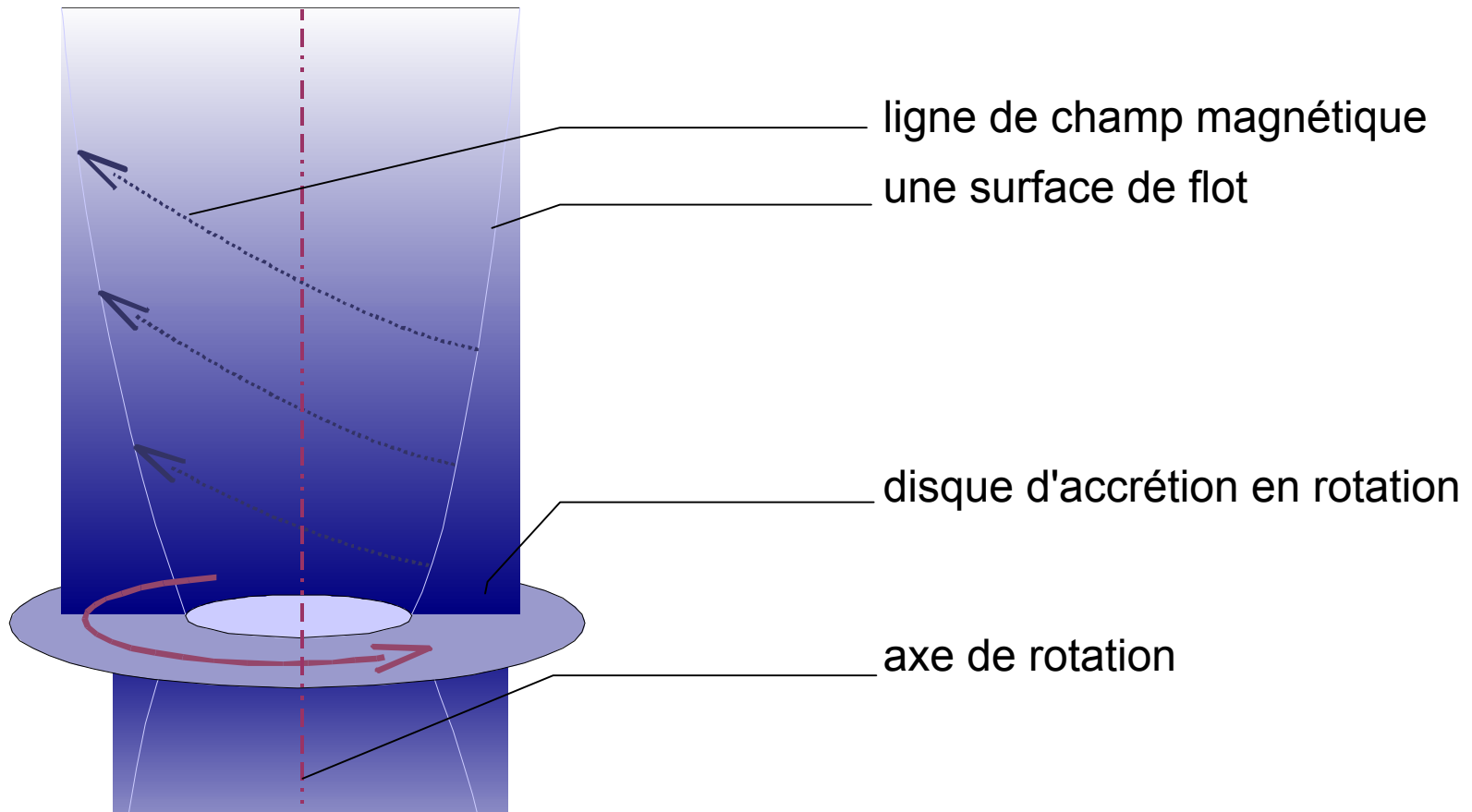


- Etude du jet:
  - Loin de la source  
→ structure à grande échelle
  - En prenant en compte la dissipation

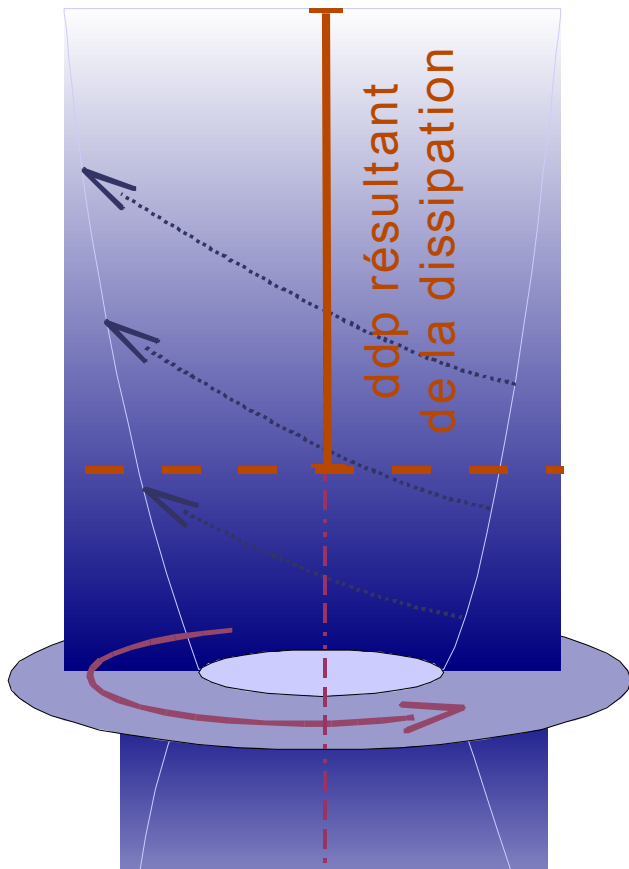
# Nos résultats

- Les jets dissipatifs se comportent de façon auto-similaire à grande échelle
- Le confinement des jets n'est pas remis en cause par la dissipation dont ils sont le siège
- Existence de structures naissant de la surchauffe de certaines parties du jet
- La dissipation → accélération

# Dissipation → accélération



# Dissipation → accélération



- Il existe un champ électrique global résultant d'effets dissipatifs délocalisés (principalement reconnexion magnétique)
- La valeur max est le long de l'axe de rotation
- Notre modèle permet d'en estimer la valeur

# Remarques & propriétés de ce mécanisme

- Ce n'est pas une accélération par chocs !
  - C'est une accélération directe par un champ EM résultant de phénomènes délocalisés
- Cette accélération survient loin de la source du jet
- Cette accélération concerne une région très limitée
- Selon le signe de ce champ EM...
  - les particules pourraient très bien être accélérées en direction de l'objet central

# Conclusion

- Dans les jets MHD, **dissipatifs**, en rotation:
  - reconnexion magnétique → ddp globale → accélération directe
  - c'est une composante naturelle du modèle
  - devrait être pris en compte au même titre que processus d'accélération par ondes de chocs ou de Fermi
- A suivre... en particulier: modèle relativiste