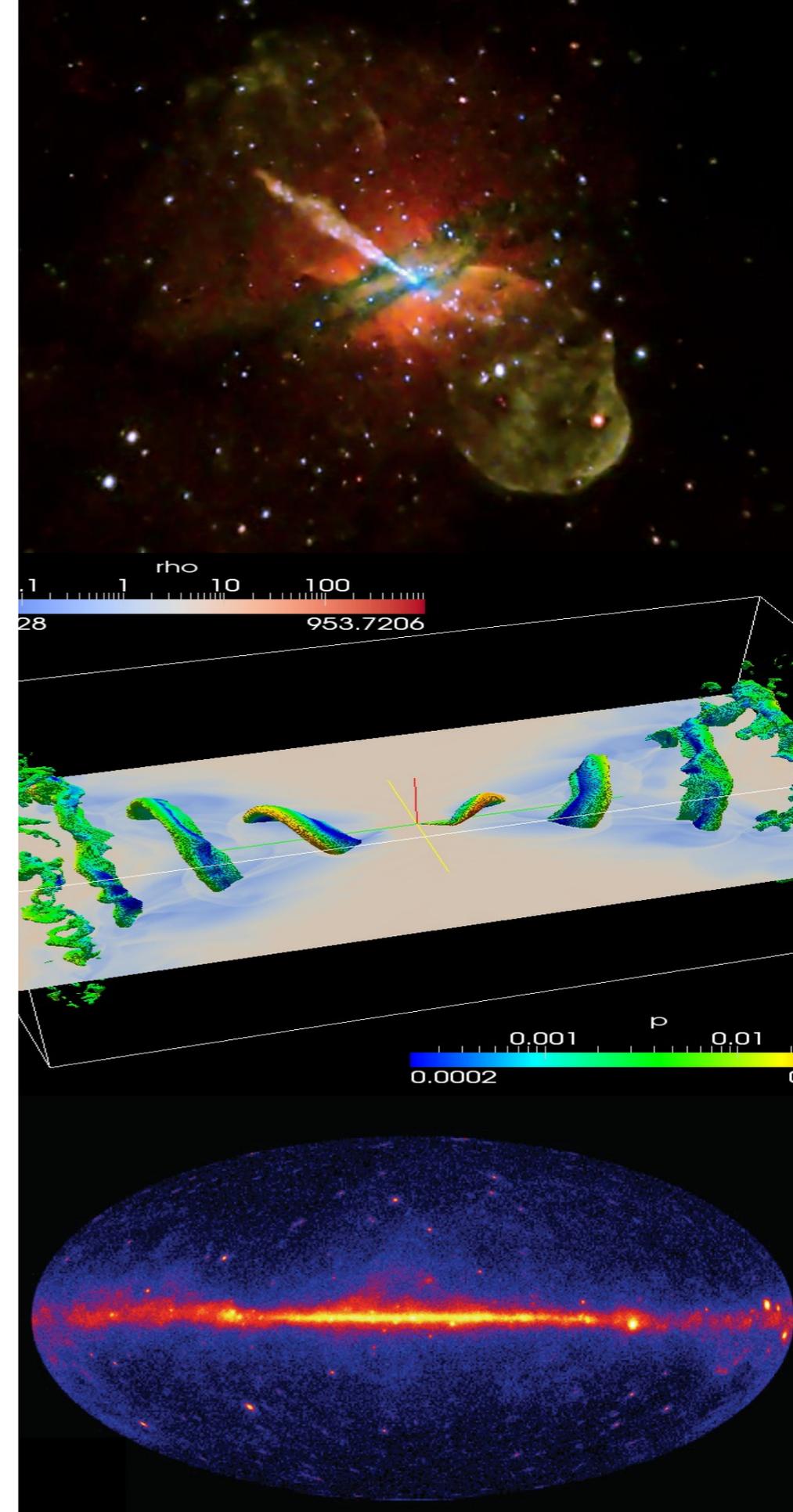


Équipe PHE

Phénomènes des Hautes Énergies

Journée du LUTH, 10 décembre 2014



Membres

11 chercheurs permanents

- ▶ CNAP : C. Boisson, D. Egret, Z. Meliani, D. Pelat, D. Péquignot (émérite)
- ▶ Ens-ch : M. Mouchet, C. Sauty, A. Zech
- ▶ CNRS : V. Cayatte, F. Mottez, H. Sol

3 post-doctorant / CDD

C. Rulten (juillet 2014), R. Monceau-Baroux, M. Servillat

3 doctorants

O. Hervet, M. Arrieta, G. Voisin

Thématiques

Physique des jets et de l'accrétion :

- ▶ Étoiles jeunes, AGN, sursauts gamma
- ▶ Formation, accélération et stabilité des jets

Mécanismes d'accélération de particules et rayons cosmiques :

- ▶ Vents, système solaire, pulsars, supernovae

Astronomie gamma au sol :

- ▶ Science avec H.E.S.S.
- ▶ Préparation à CTA

Nébuleuses ionisées

Repousser les limites de détection et identification des raies en émission

Spectre global d'une grande variété d'objets nébulaires de densités modérées et topologie complexe

Développement de **PHYAT-SSN** = programme de construction et de gestion de la base de données du logiciel de **Synthèse Spectrale** pour **Nébuleuses X-SSN**

Coll. P. Quinet, P. Storey, M. Copetti, etc.

Validation sur des spectres VLT/UVES de la **nébuleuse planétaire NGC 6302**

Coll. J. Walsh (ESO), J. Garcia Rojas (Canarias), C. Morisset (UNAM), M. Barlow (UCL), P. Quinet (Liège), S. Casassus (Santiago)

Modélisation du gaz dans les **galaxies naines bleues compactes (I Zw 18, etc.)**

ANR SYnthetic MultiPhase Analysis of The ISM of Cosmic Objects

Nébuleuses ionisées

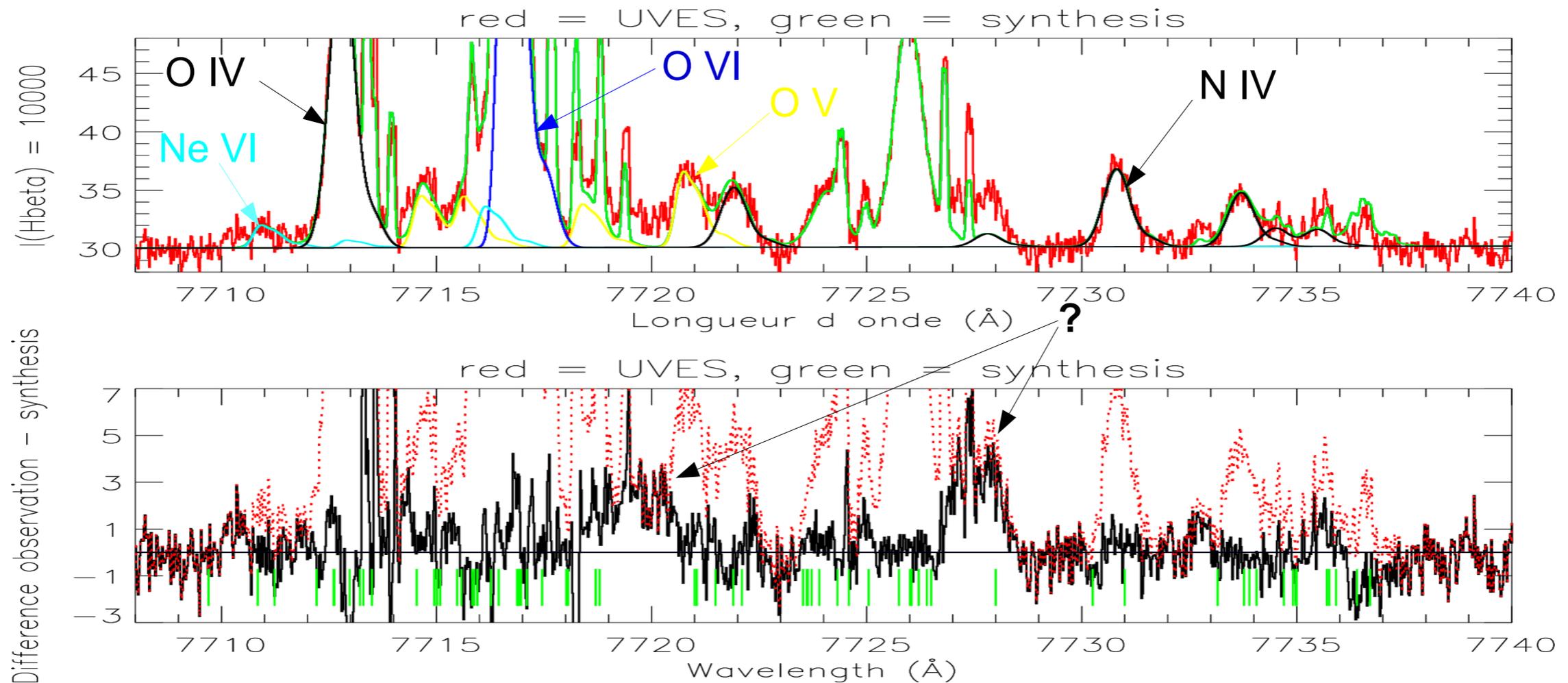
Développement du logiciel de **S**ynthèse **S**pectrale pour **N**ébuleuses **X-SSN**

Coll. C. Morosset (UNAM)

- # maîtriser la **complexité** des spectres de nébuleuses
- # fiabiliser les **identifications** de raies
- # donner une forme pratique au **dialogue** avec la **Physique Atomique**
- # produire un **système expert** pour l'analyse des spectres nébulaires



Domaine spectral 7710Å – 7740Å : **complexité des « blends »**



- ~ **24 raies** nébulaires en émission identifiées, dont **> 50 % non répertoriées**.
- ~ **30 raies** telluriques **OH** étroites et dédoublées, imparfaitement soustraites.
- ~ **2 motifs** spectraux au moins restent **à expliquer** dans le spectre différence.

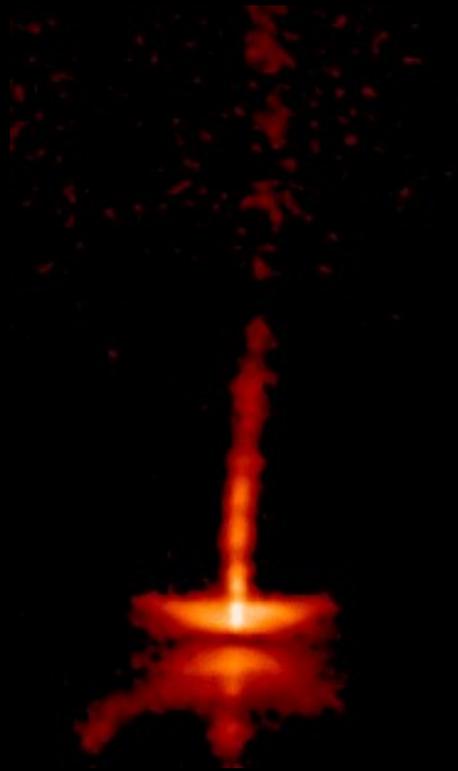
Principaux ions représentés :

ions **IV**, transitions 6-7 et 8-11 : **N, O, C, Ne, Si**

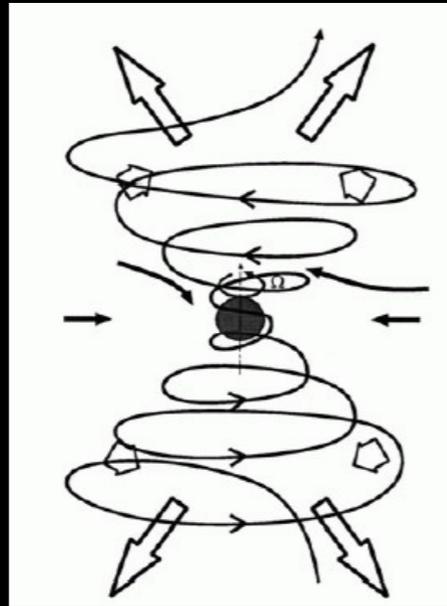
ions **V**, transitions 7-8 : **O**

ions **VI**, transitions 8-9 : **O, Ne**

Des jets de plasma observés à toutes les échelles lancés et collimatés près de l'objet central



HH 30
HST WFPC2



Base du Jet de M87 à 43 Ghz

$$1 \text{ mas} = 0.078 \text{ pc} = 270 R_s$$

Etude de la formation de jets, du transport de l'énergie et du transfert au milieu extérieur

Physique des jets

Modélisation de l'accrétion-éjection dans les étoiles jeunes:

- ▶ Contre rotation : un résultat général pour les vents et jets, stellaires et relativistes
- ▶ Magnétosphères stellaires avec zone morte et “streamer”, couplage au rayonnement, solutions analytiques comme conditions initiales (code PLUTO)

Méthodes:

De l'analytique aux simulations
Jets relativistes en RMHD et GRMHD

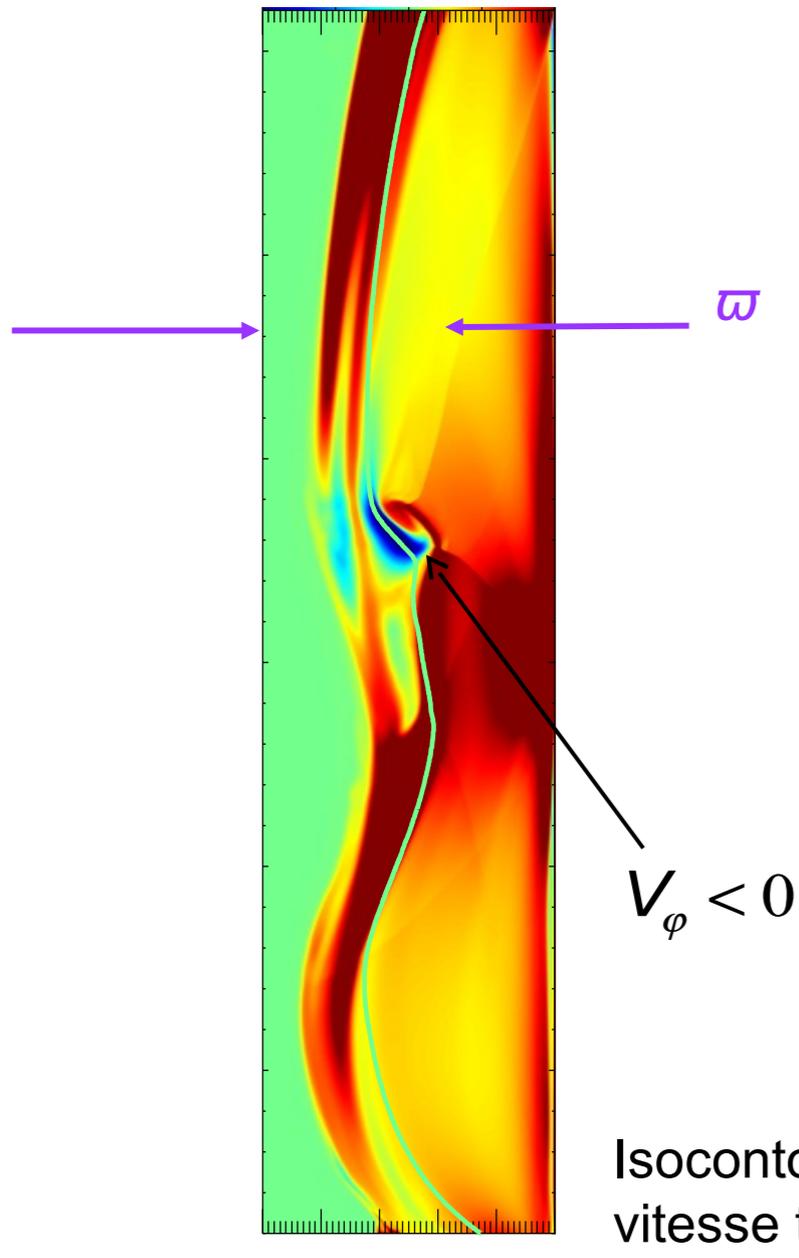
2012, ApJ, 759, L1
2014, A&A, 562, 117
2014, Phys Rev D, 89, 124015
2014, ApJ, 788, L19
2014, A&A, soumis

Contre rotation compatible avec un lancement magnétocentrifuge du jet

Jets d'étoiles jeunes

$$V_\phi < 0 \Rightarrow V_p < V_* \frac{\omega^2}{\omega_*^2} \frac{\delta S_*}{\delta S} = V_{threshold}$$

Critère pour la contre-rotation



Jets relativistes

$$\gamma \xi V_\phi < 0 \quad \text{si} \quad \frac{h \xi \gamma V_p \delta S}{h_* \xi_* \gamma_* V_* \delta S_*} < \frac{\omega^2 (\Omega - \omega)}{\omega_*^2 (\Omega - \omega_*)}$$

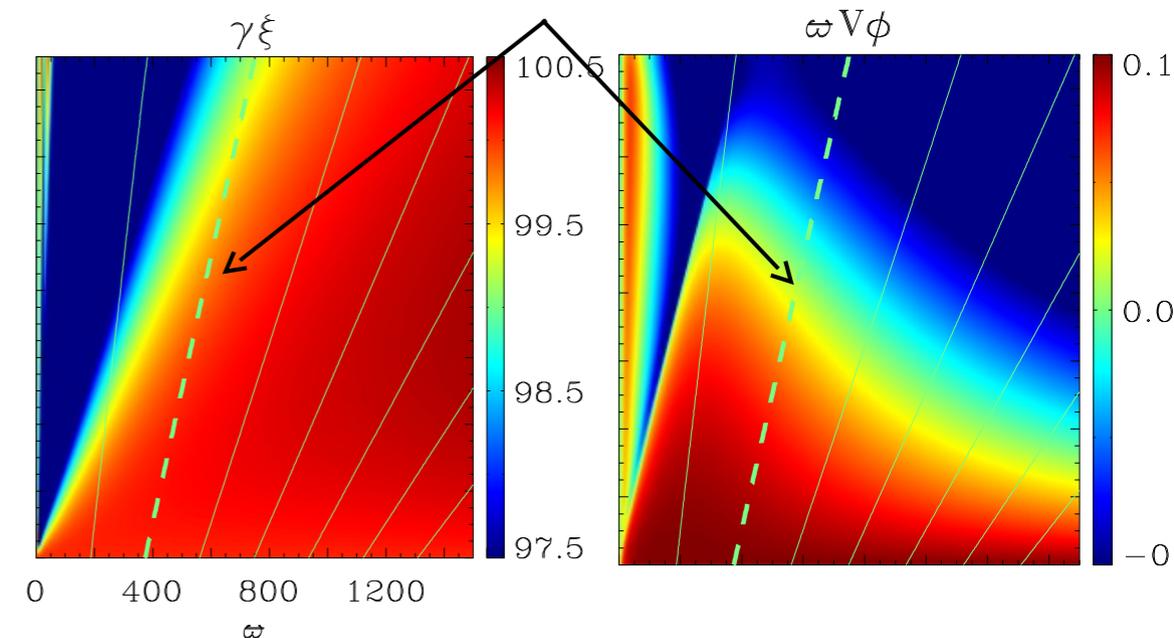
si le jet est ultrarelativiste et quasi cylindrique

$$V_p \approx c \quad \text{et} \quad \delta S \mu \omega^2$$

loin du trou noir

$$\gamma \xi V_\phi < 0 \quad \text{si} \quad \frac{\xi \gamma}{\xi_* \gamma_*} < 1$$

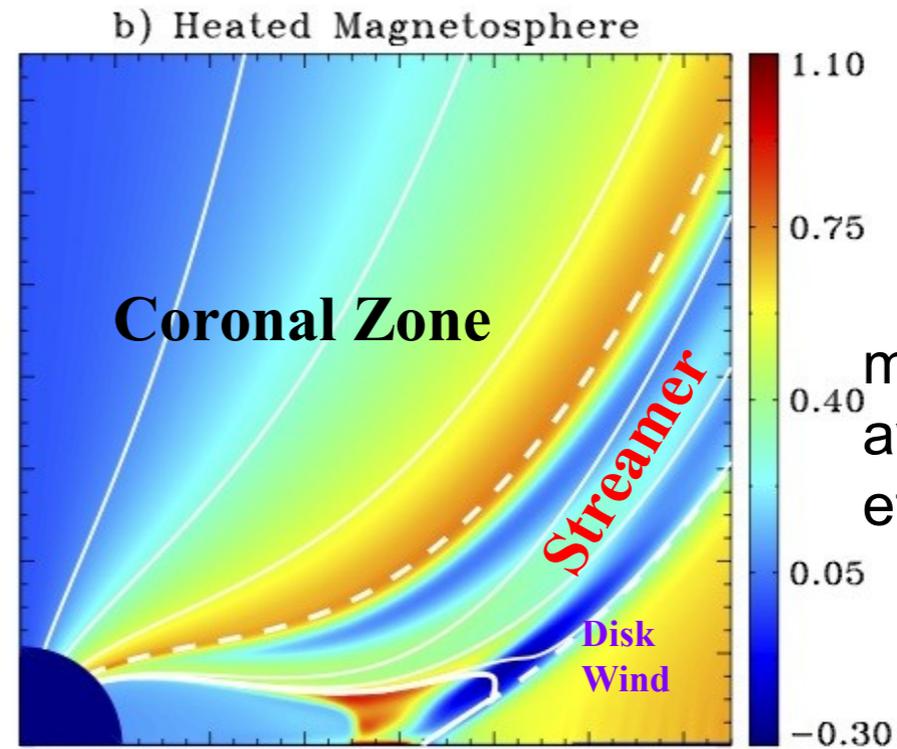
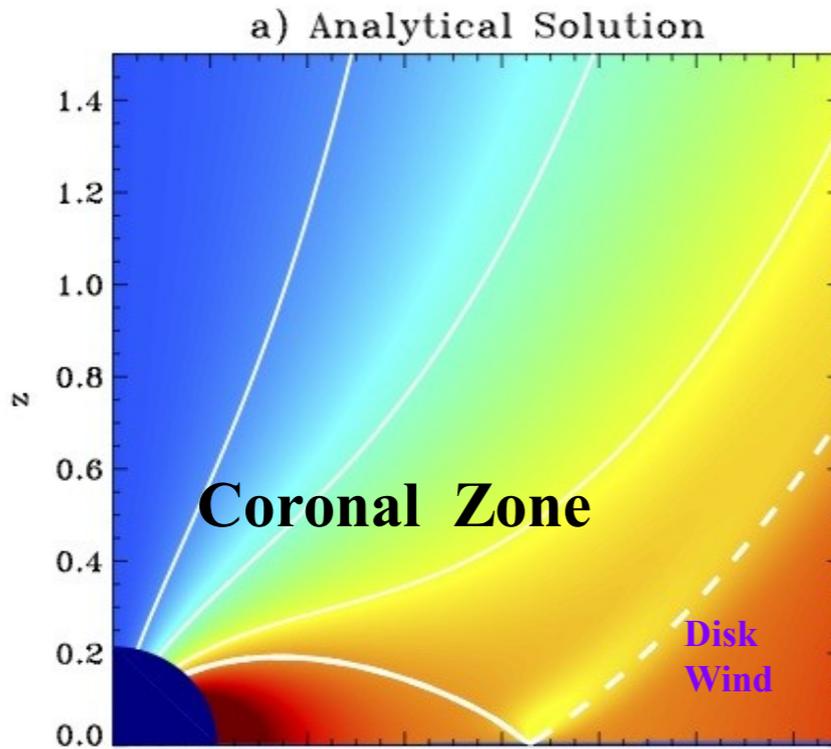
$V_\phi < 0$ si perte d'enthalpie ou décélération



Magnétosphères

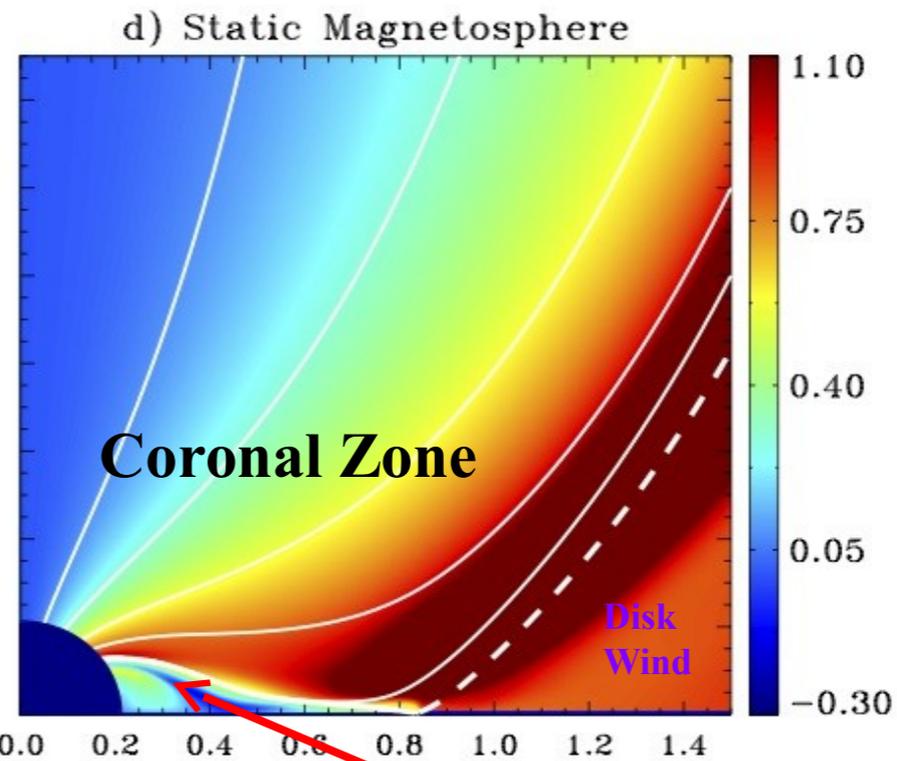
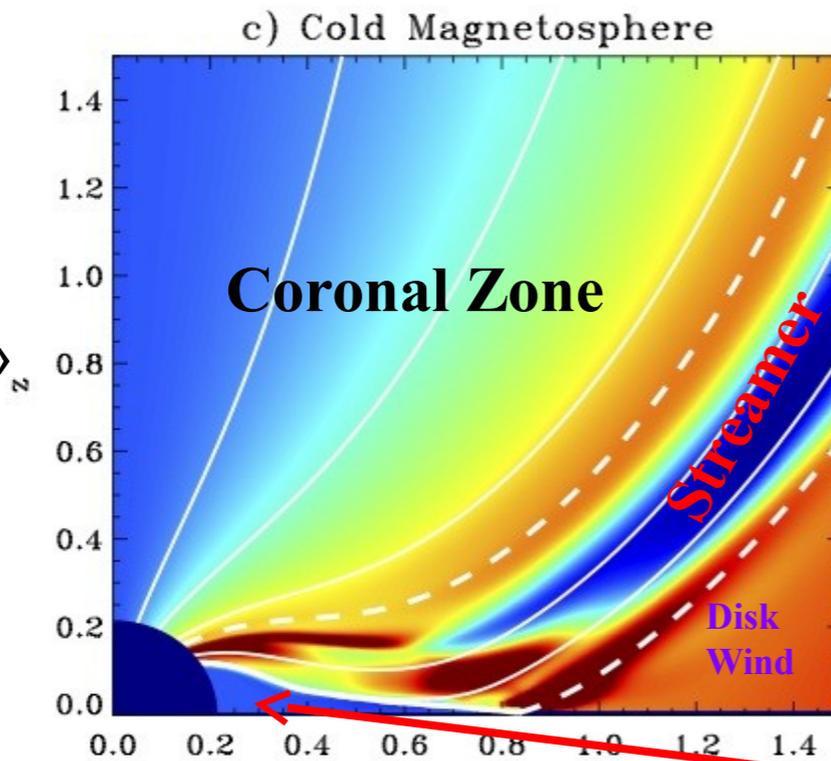
4 simulations: stabilité du jet coronal et du vent de disque

magnétosphère stable mais Incohérente ($V_p \neq 0$)



magnétosphère avec « streamer » et flux de chaleur

magnétosphère avec « streamer » et « dead zone »



magnétosphère statique de type « dead zone »

Isocontours du moment cinétique total et lignes du champ magnétique poloïdal

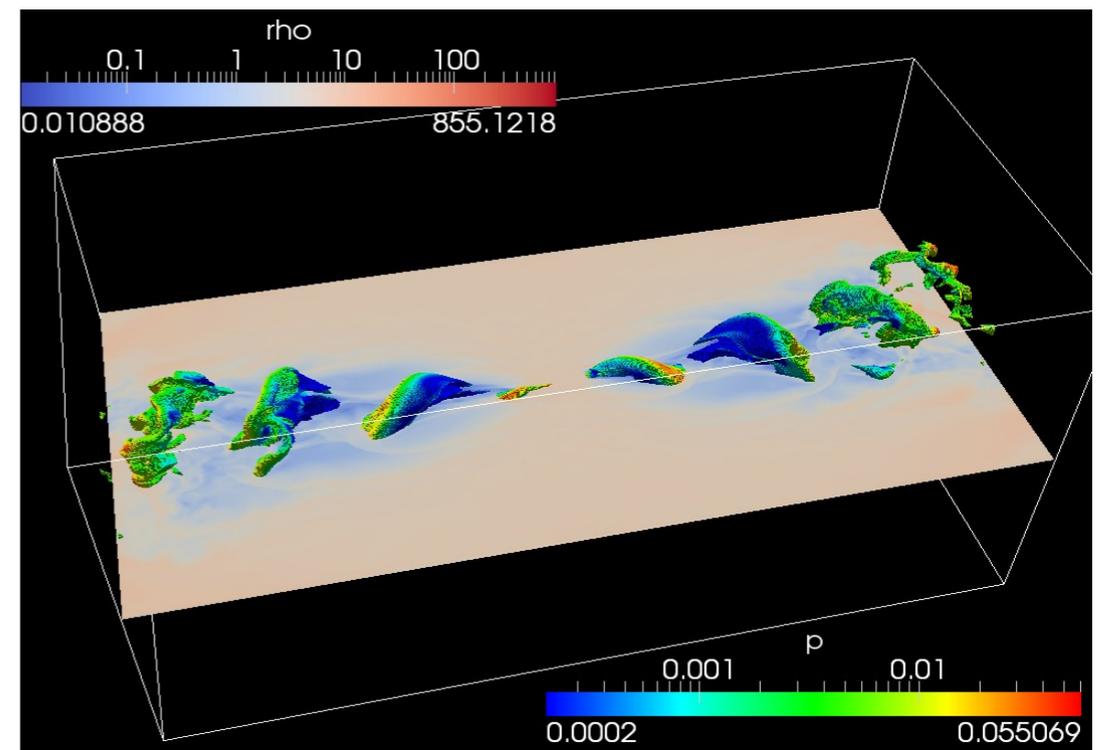
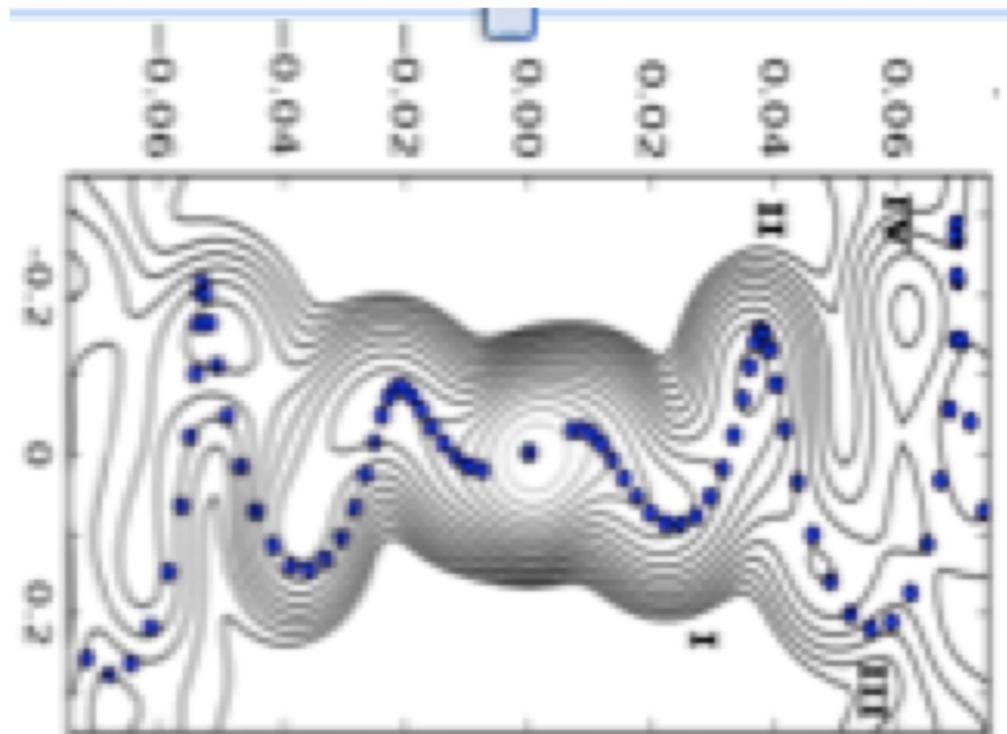
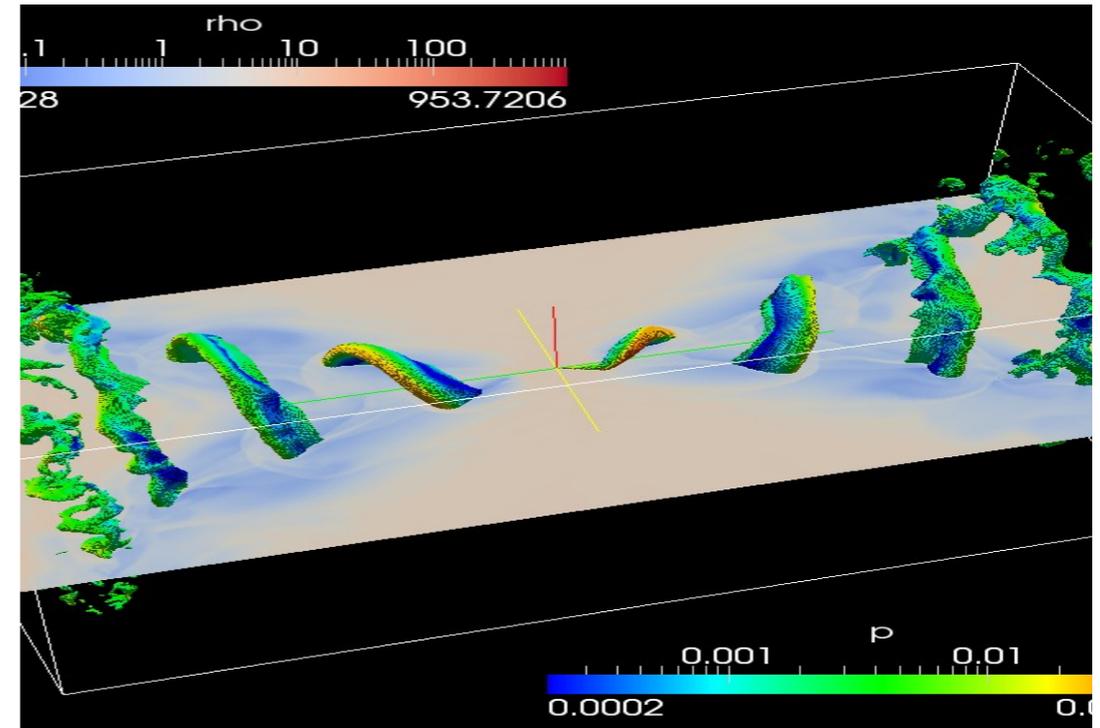
« Dead Zone »

Precession de jet relativiste : SS433

Simulations 3D relativiste (MPI-AMRVAC)
Images synthétiques en radio

→ une precession de 20 degré
reproduit l'observation VLA

Precession: 20 degrees



Precession: 10 degrees

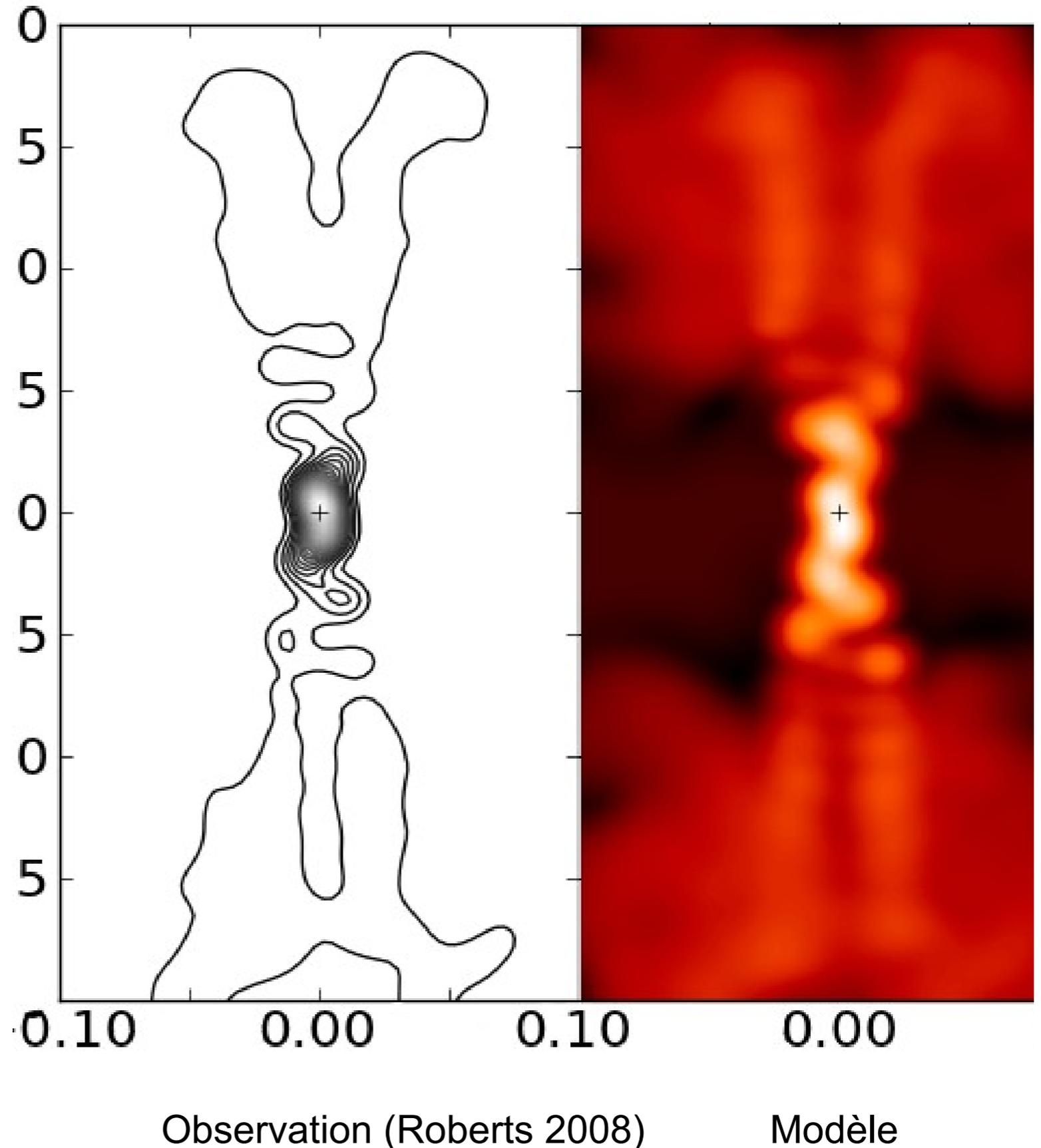
SS433 : du sub-pc au pc

Jet relativiste s'étend sur un grand nombre d'ordre de grandeur.

Modélisation de 2 échelles pour reproduire les observations de deux instruments: le VLA (\sim pc) et le VLBA (\sim mpc).

Résultat:

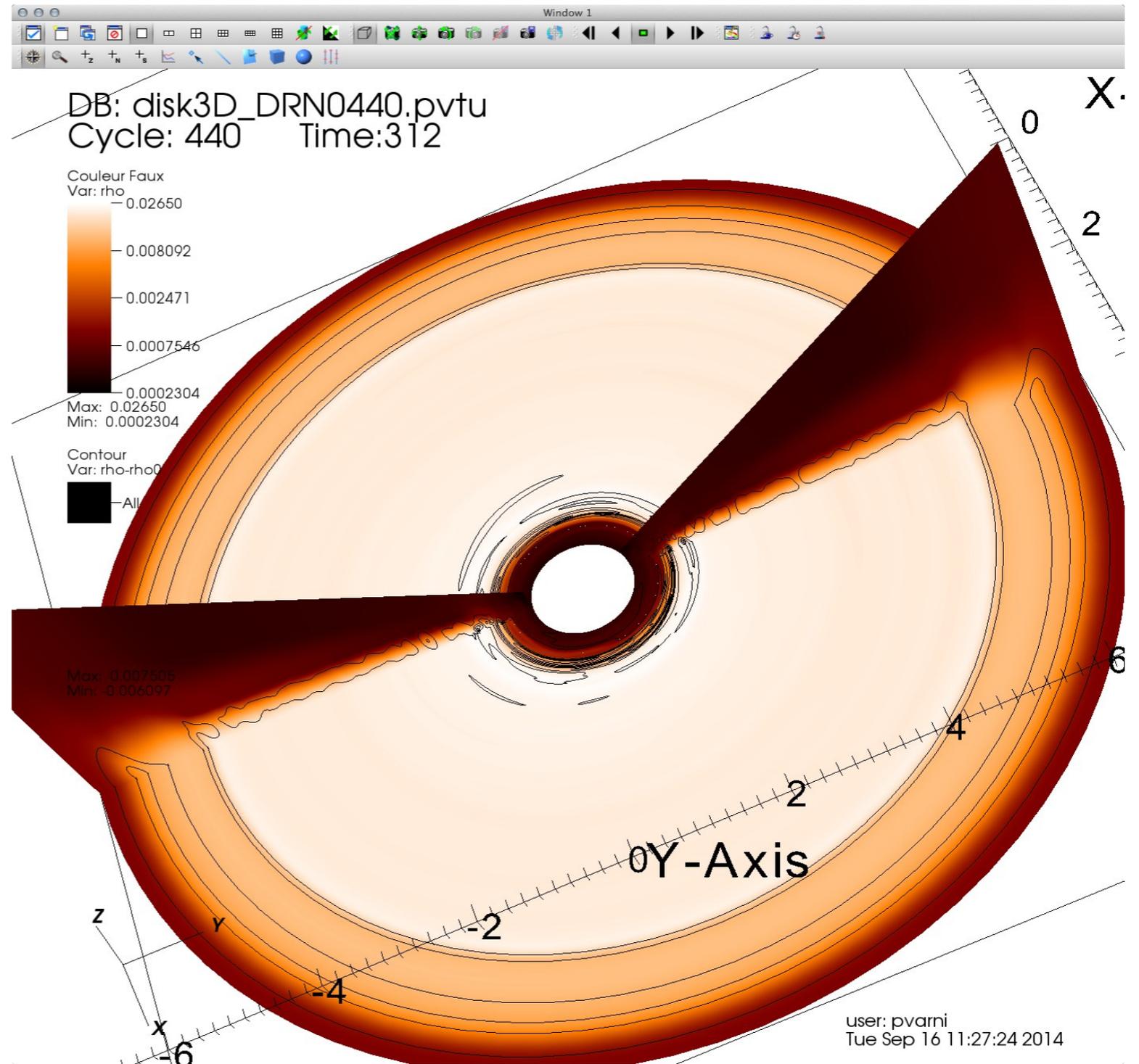
Détermination que la milieu extérieur est responsable du changement d'angle d'ouverture du jet observé.



Modélisation des ondes Rossby dans les disques minces en Relativité Générale

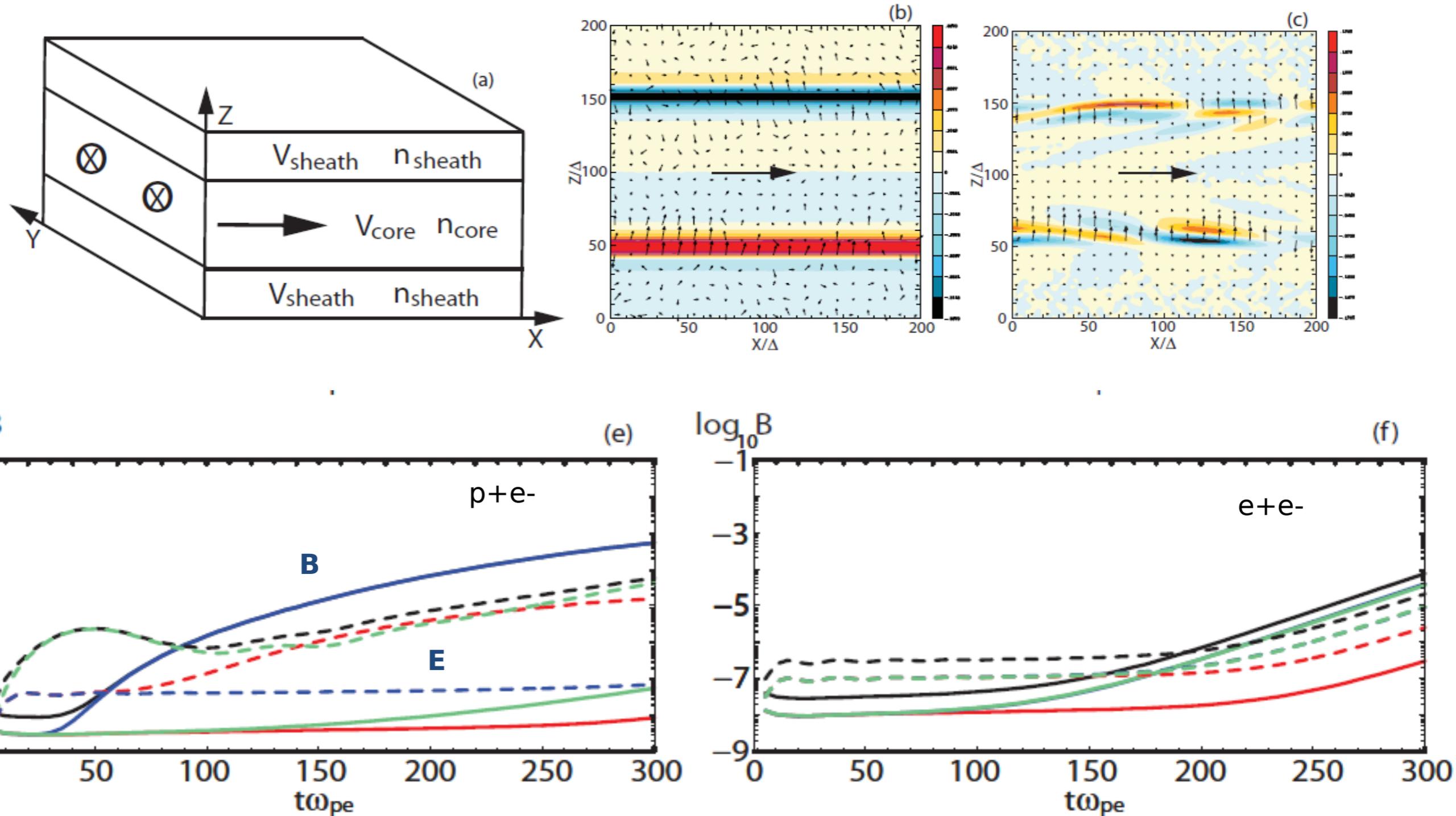
Développement de modèles de disque mince

Etude des effets des ondes de Rossby sur l'accrétion

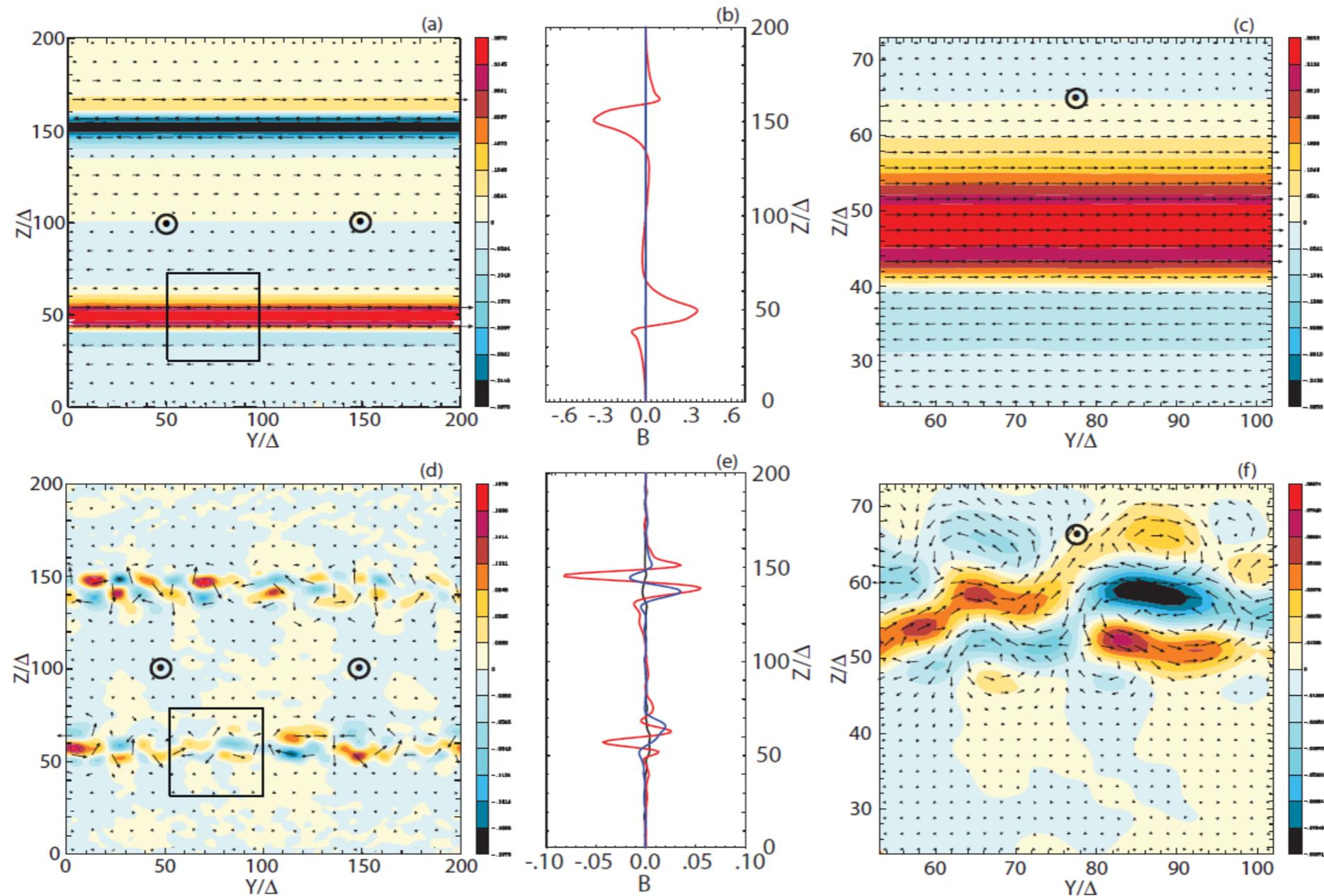


Simulations numériques de jets e^+e^- et p^+e^- stratifiés: génération de champ magnétique et accélération de particules par instabilité Kelvin-Helmholtz cinétique

Nishikawa et al, 2014, ApJ, 793



Structure magnétique transverse au flot obtenue après un temps de simulation, pour jets de p+e- (haut) et d'e+e- (bas)
Source d'accélération et d'émission autour de l'interface jet-enveloppe.



Phénomènes d'accélération basse énergie (keV)



Photo : Mottez, 2013, Tromso

Phénomènes d'accélération dans plasmas chauds fortement magnétisés : zone aurorale terrestre, planètes magnétisées et couronne solaire.

Étude des processus d'accélération par interaction d'ondes d'Alfvén parallèles.

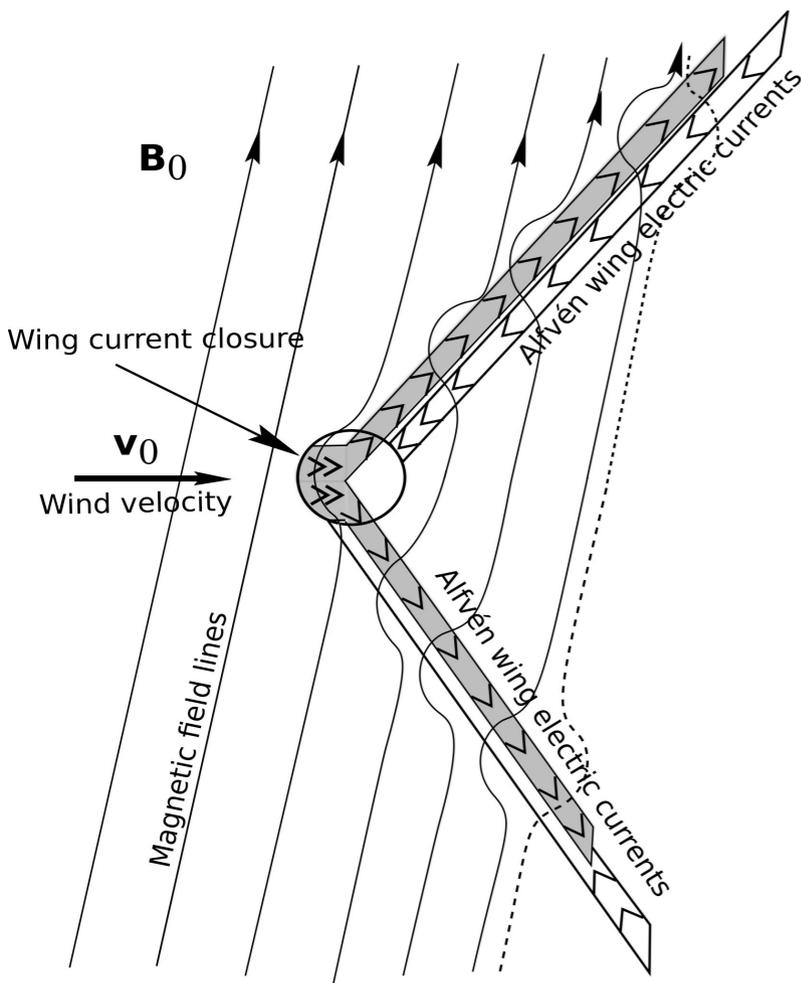
Simulation et étude analytique démontrent que la rencontre de deux ondes d'Alfvén, de polarisation adéquate, peuvent générer des structures quasi-statiques d'accélération quand elles se croisent.

F. Mottez 2012, 2014

Parallelisation du code NS par Fabrice Roy (en test).

Collaboration F. Mottez + K. Daiffallah, Obs. of Algiers.

Accélération / Planètes et corps orbitant un pulsar



Planètes, naines blanches, comètes, débris de SNR et astéroïdes en orbite autour d'un pulsar.

Interaction avec le vent du pulsar → sillage avec fort courant électrique.

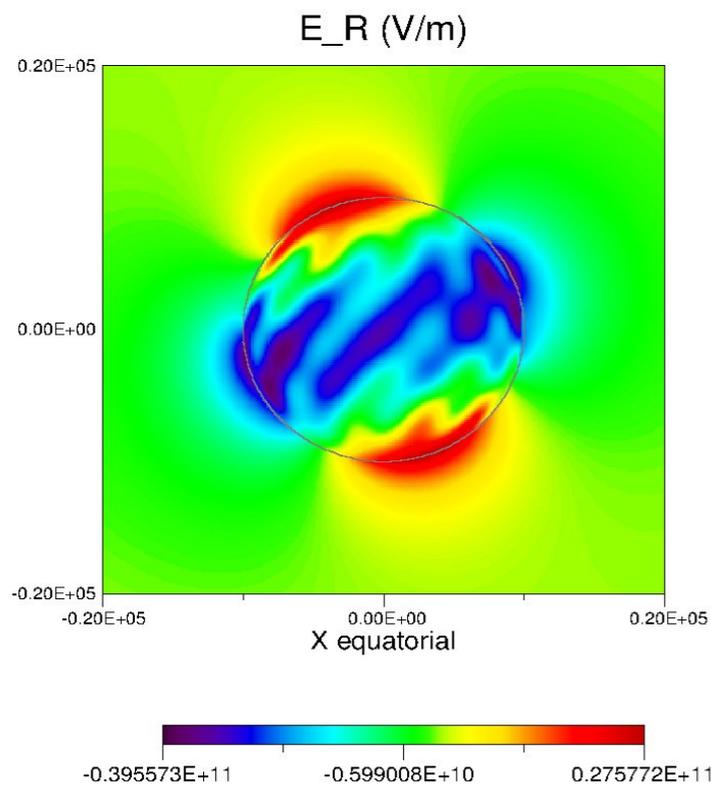
Courant + Champ Magnétique = Force

Cette structure modifie l'orbite des petits corps.
Modélisation de pulsars extrêmement « intermittents ».
Structure peut être une source d'ondes radioélectriques extrêmement collimatées. Rares observations de faisceaux très intenses.

Pourrait expliquer les sursauts radio rapides encore mystérieux (sursauts comme ceux d'un pulsar, mais vus à des distances cosmologiques).

Accélération / Magnétosphère pulsar milliseconde

Collaboration Guillaume Voisin, Fabrice Mottez, Silvano Bonazzola



Écriture d'un code avec description cinétique (particules / fonctions de distribution), émission synchrotron, Compton inverse + création de paires, et description auto-cohérente du champ électromagnétique statique.

Une alternative réaliste aux modèles « force-free » et d'électrosphère pour :

- comprendre création de paires dans les pulsars milliseconde.
- étudier le lien accélération de plasma / création de paires.
- étudier le rôle des champs magnétiques multipolaires d'étoiles à neutrons.

Champ électrique radial associé au champ magnétique multipolaire d'un pulsar. Bonazzola et al. 2014.

Modèle analytique de champs multipolaires dans les zones vides de magnétosphère

Résultats préliminaires sur le mouvement des particules

Modules de code déjà programmés et testés.

Warm Absorber

Milieu chaud ($T \sim 10^5\text{-}10^6$ K) dilué photoionisé par source centrale

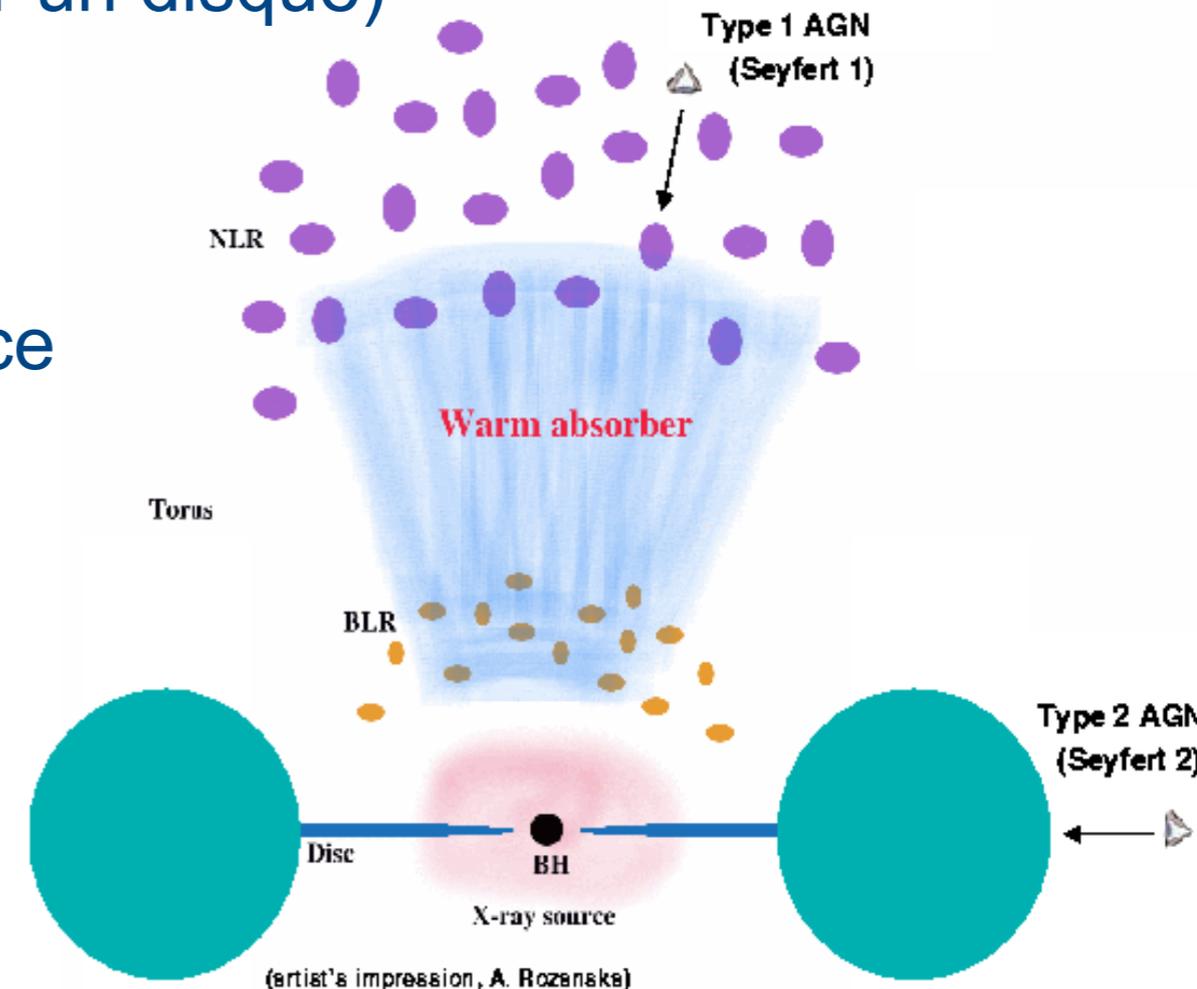
- ▶ Raies X (et UV) en absorption sur le spectre X émis au voisinage du TN (spectre X dur de couronne+ réflexion sur un disque)

Rôle important du WA/vent dans la synergie accrétion/éjection

- ▶ nécessité d'une description correcte de ce milieu à l'aide des signatures spectrales

Raies du WA couvrent grand domaine d'espèce ionisées

Modèles à densité constante rejetés car nécessitent de considérer de façon adhoc plusieurs milieux photoionisés différemment



Warm Absorber dans les AGN

NGC 3783 spectre CHANDRA très détaillé, unique ! (900ks, S/B)

M. Mouchet, collaboration franco-israélienne

Milieu **unique** à **pression totale constante**

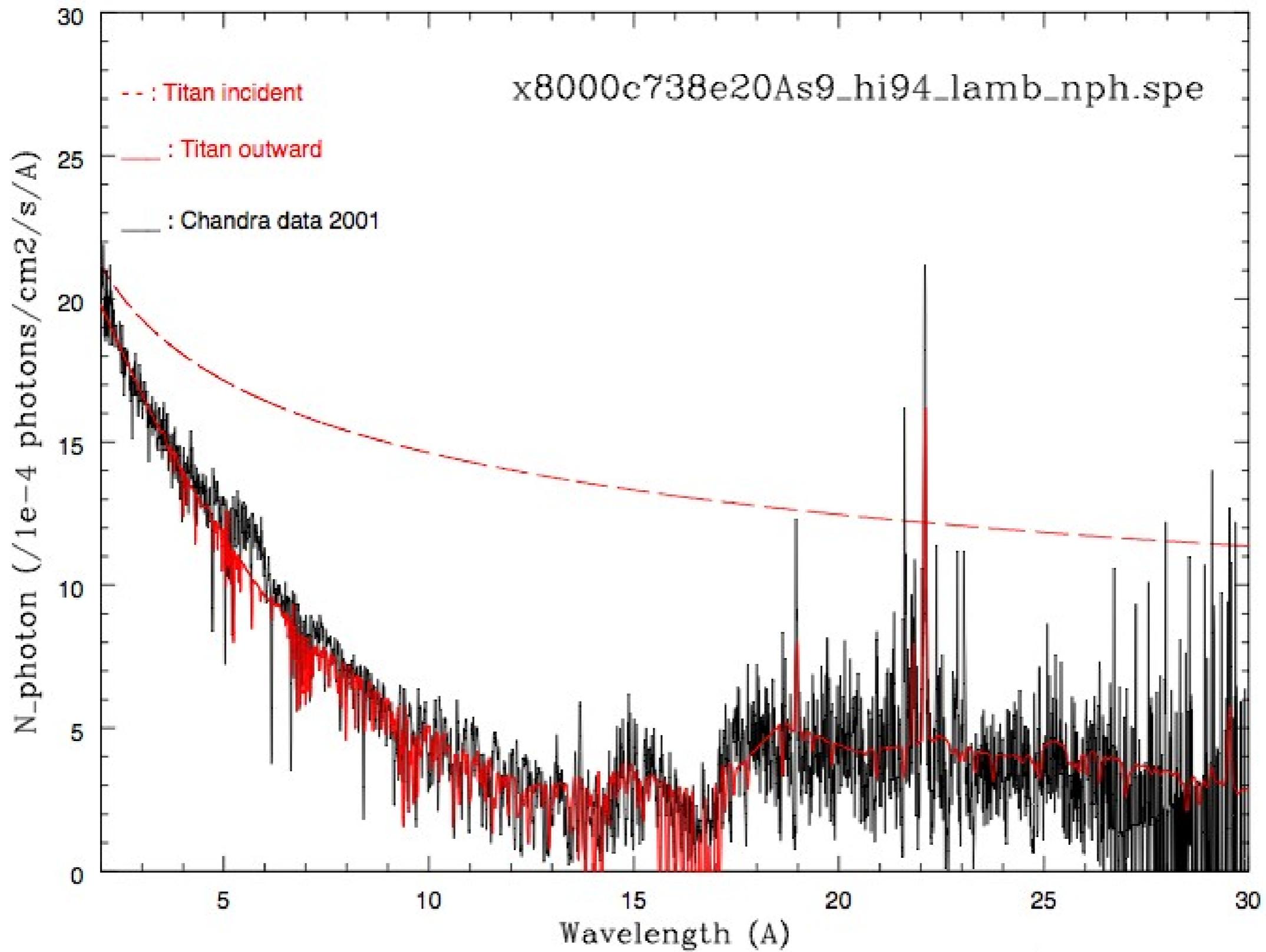
Code de photoionisation TITAN (Dumont & Collin)

- ▶ Adapté à des milieux optiquement épais
- ▶ Transfert radiatif multidirectionnel
- ▶ P_{tot} (gaz+rad) constante
- ▶ Plusieurs zones du milieu sont thermiquement instables → on choisit soit la solution stable chaude soit la froide

2 paramètres $\xi=L/nr^2$ et N_h

Détermination des N_i , densités de colonne ioniques, par ajustements de profils de raies en absorption → structure en ξ du milieu (AMD)

Modélisation des N_i et discontinuités de température par TITAN



Warm Absorber dans les AGN

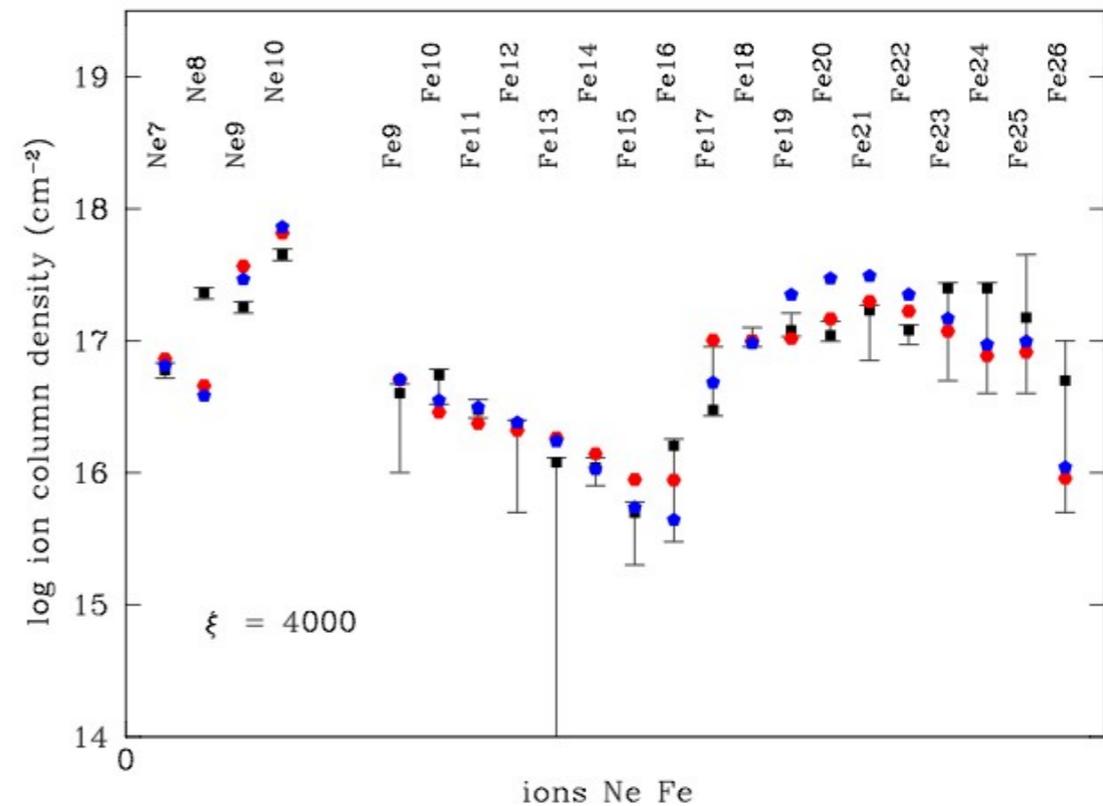
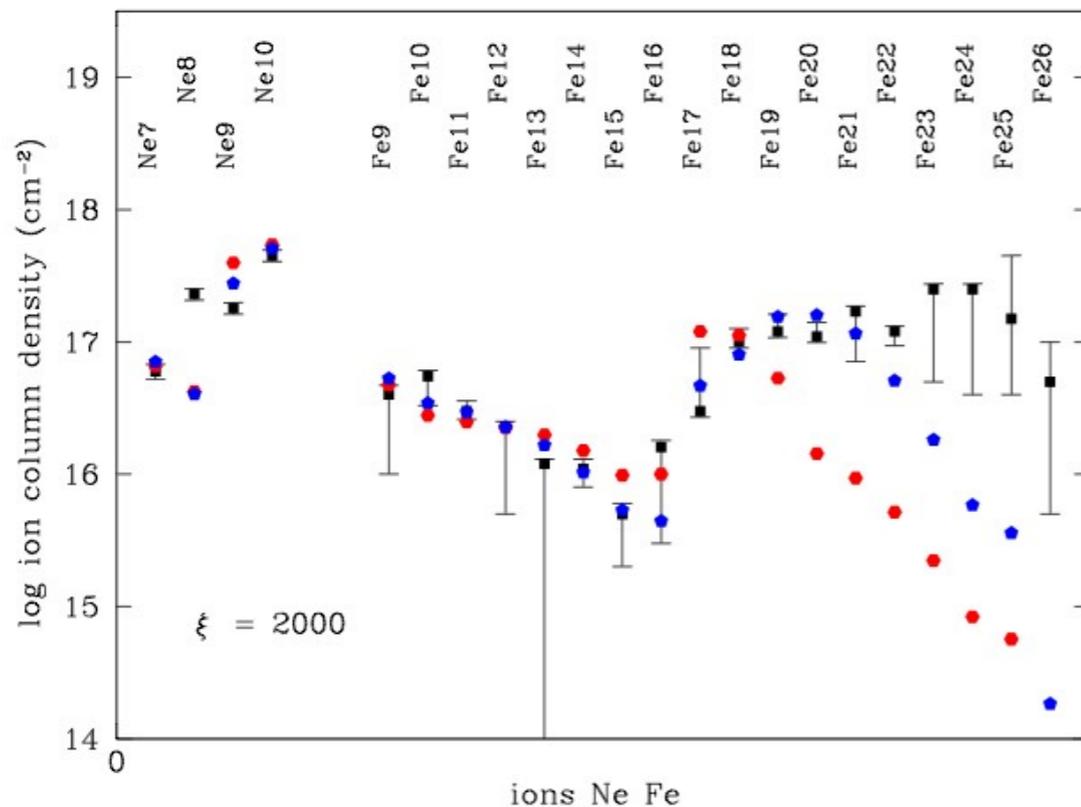
Figures pour Ne et Fe car couvrent le plus d'états d'ionisation
Belle reproductibilité!

Mais, dégénérescence – $\xi = 4000$ à 16000

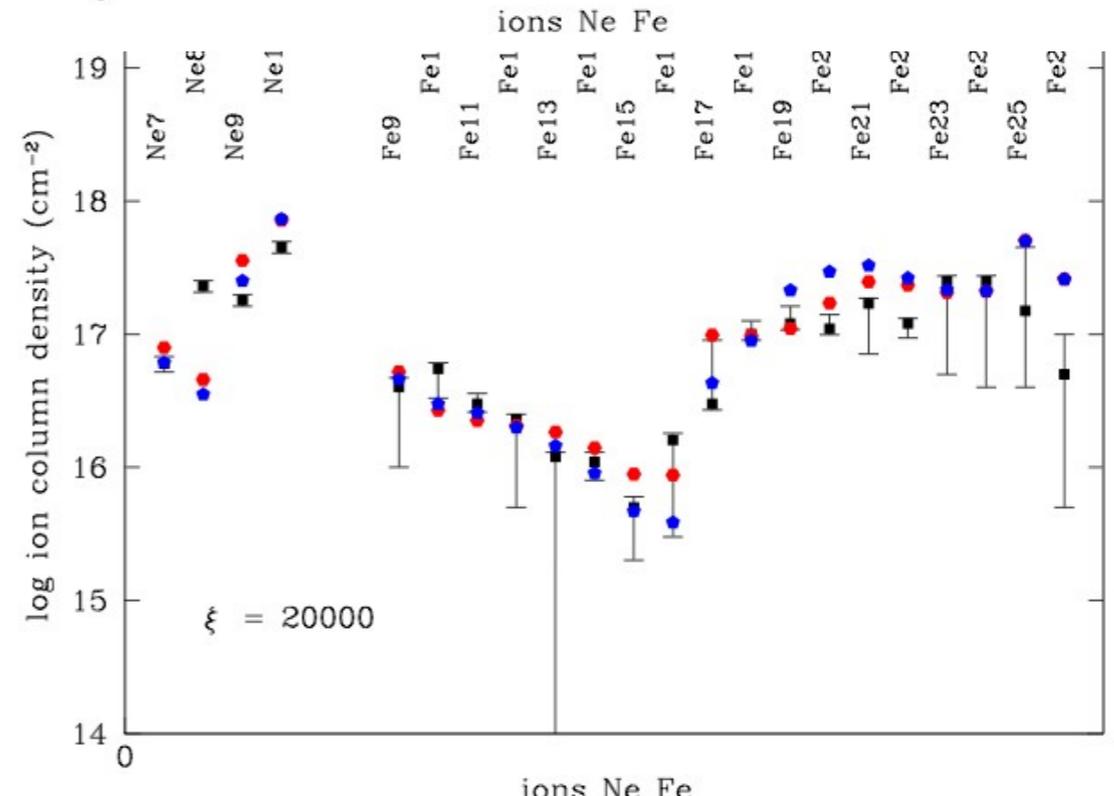
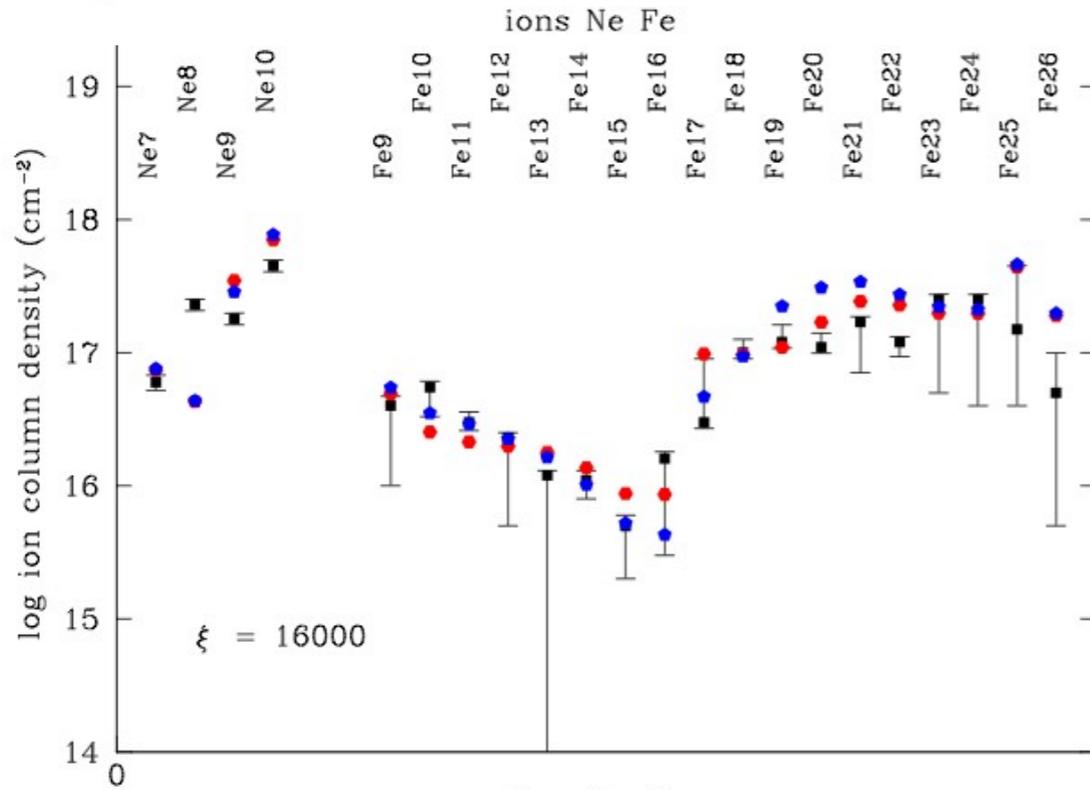
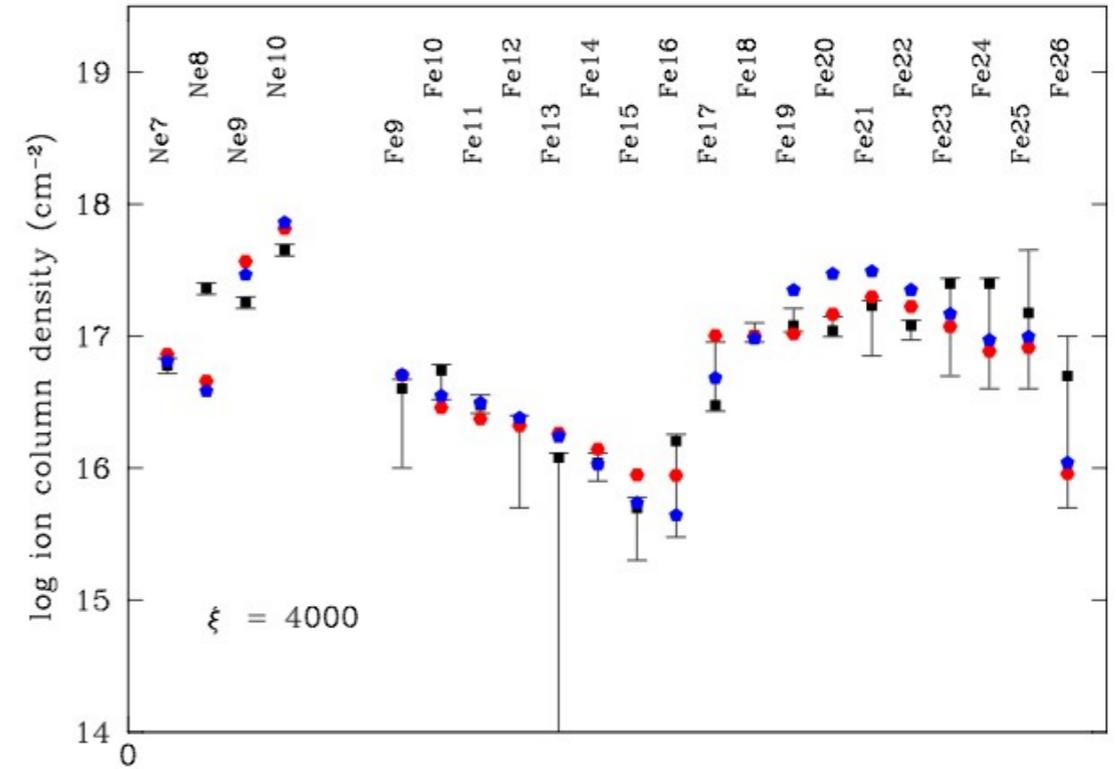
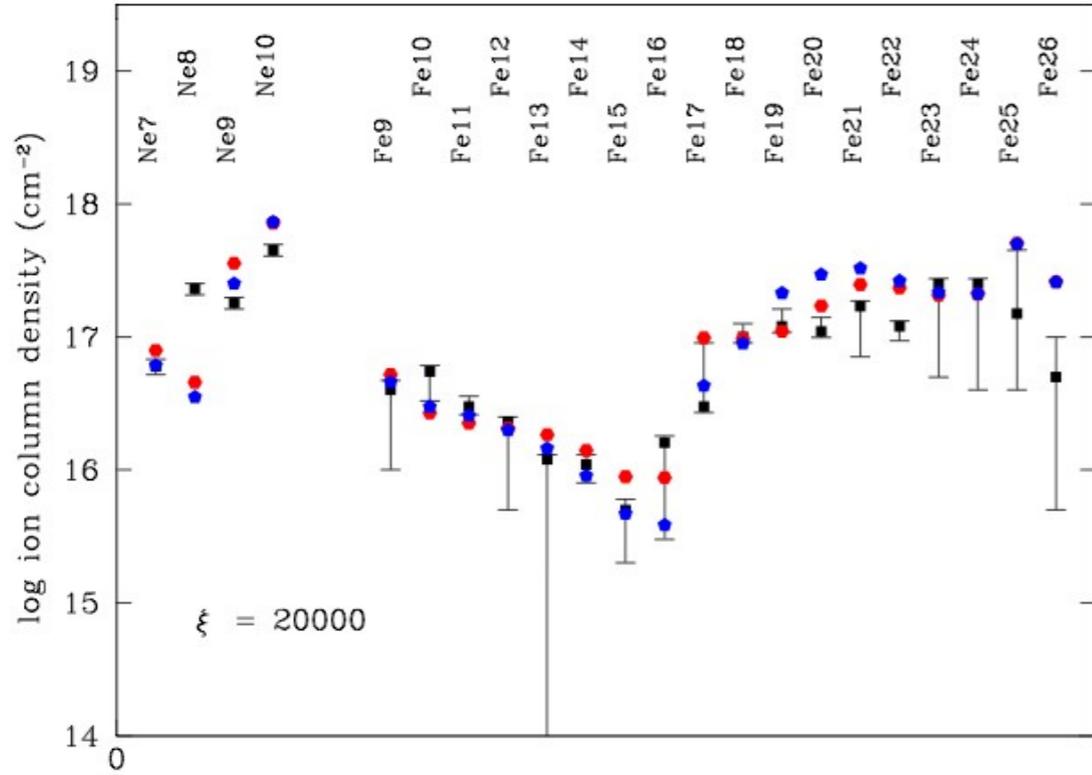
Chutes en température en accord avec l'AMD

Mieux pour les solutions chaudes

Discontinuités reproduites par les modèles à pression constante **totale**



Warm Absorber dans les AGN



Emission non-thermique des blazars - THE

Modèles de transfert radiatif pour contraindre processus physique dans la source.

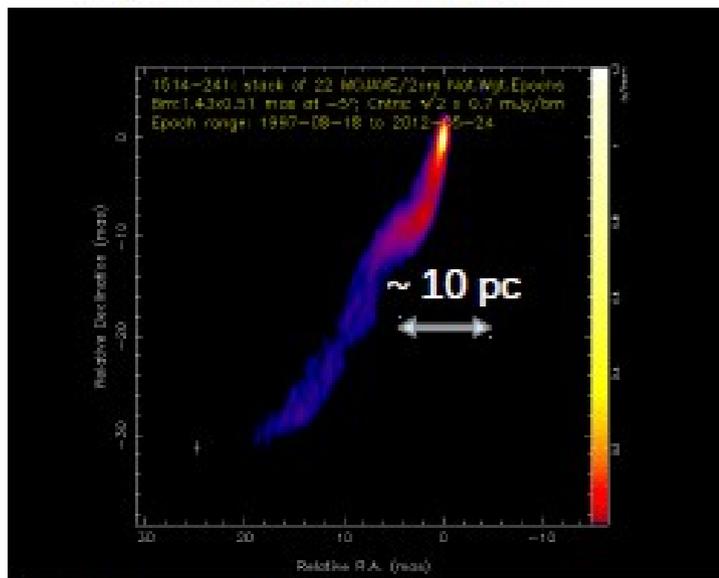
Données multi-longueur d'ond: radio - TeV

- ▶ Modèles leptoniques : SSC, SSC + EIC
- ▶ Modèles lepto-hadroniques, hadroniques, particules secondaires par interactions $p-\gamma$ et $p-p$

Liens possibles avec rayons cosmiques extragalactiques et astronomie neutrino

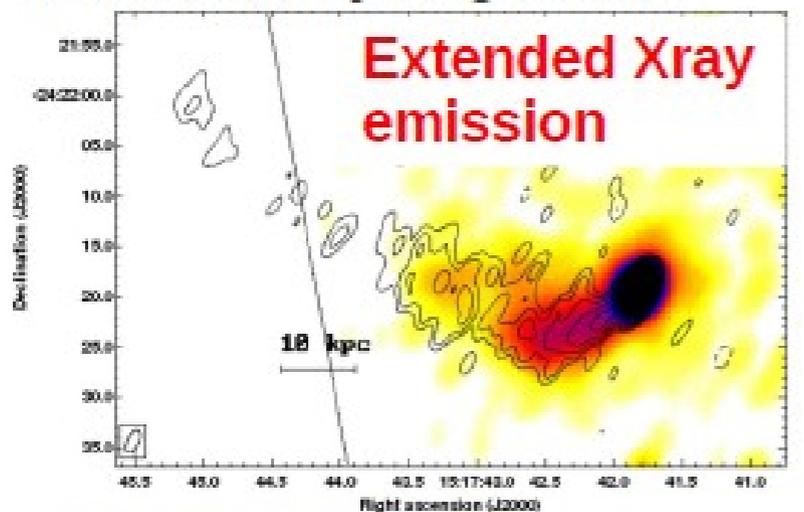
AP LIB

Radio short scale



MOJAVE 2cm

Radio & Xray large scale

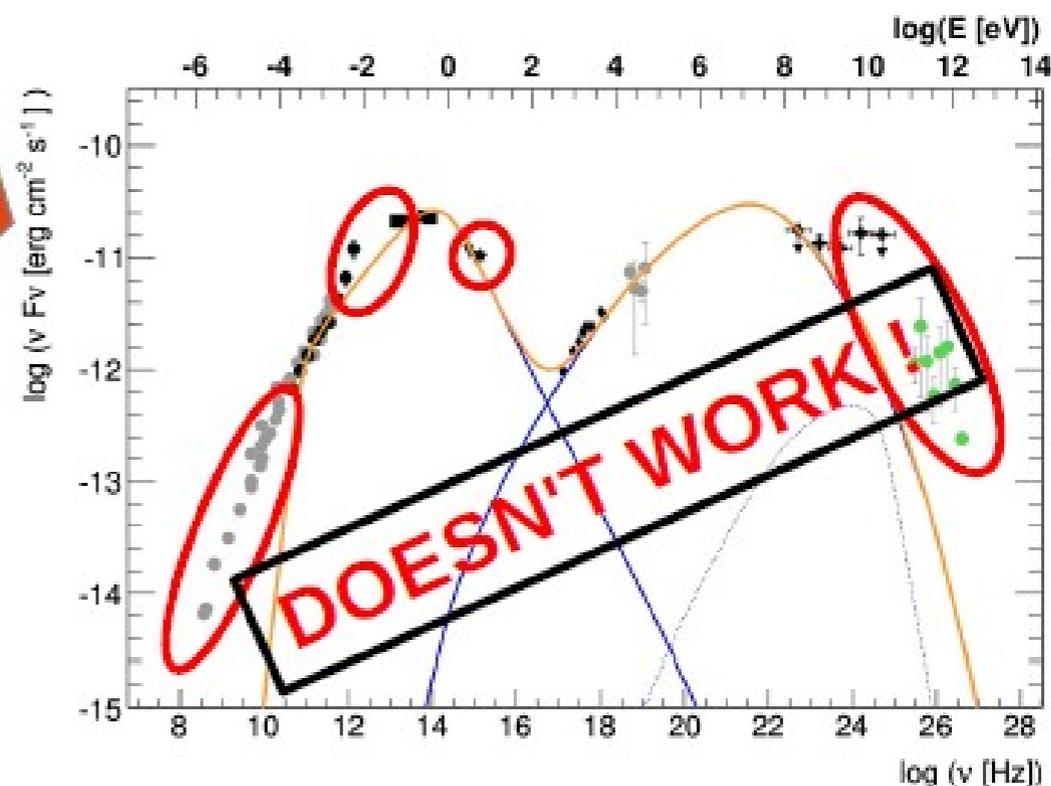
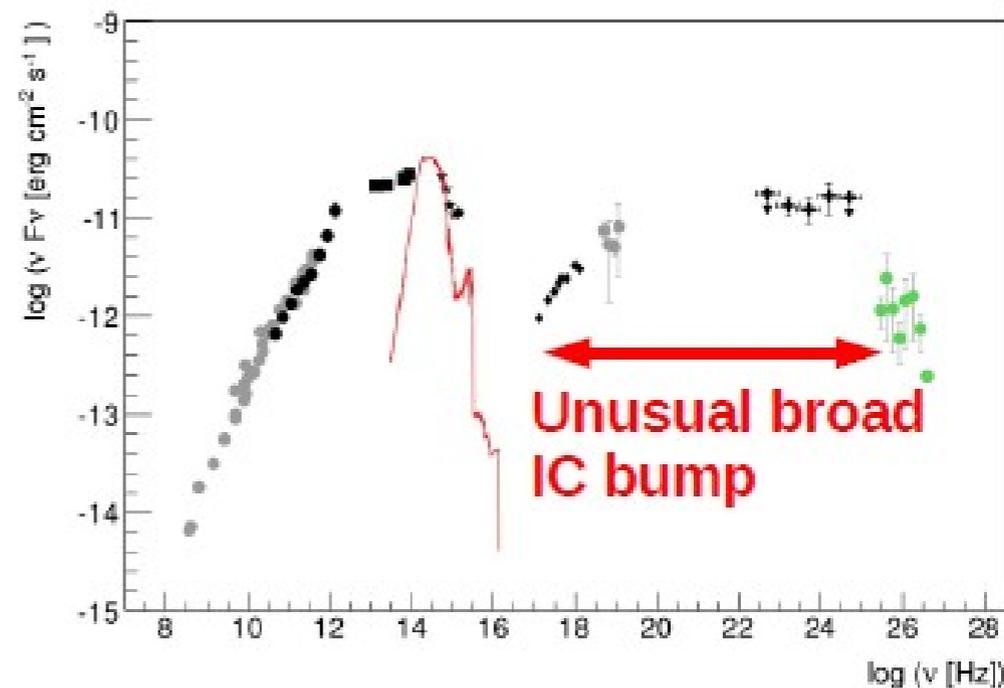


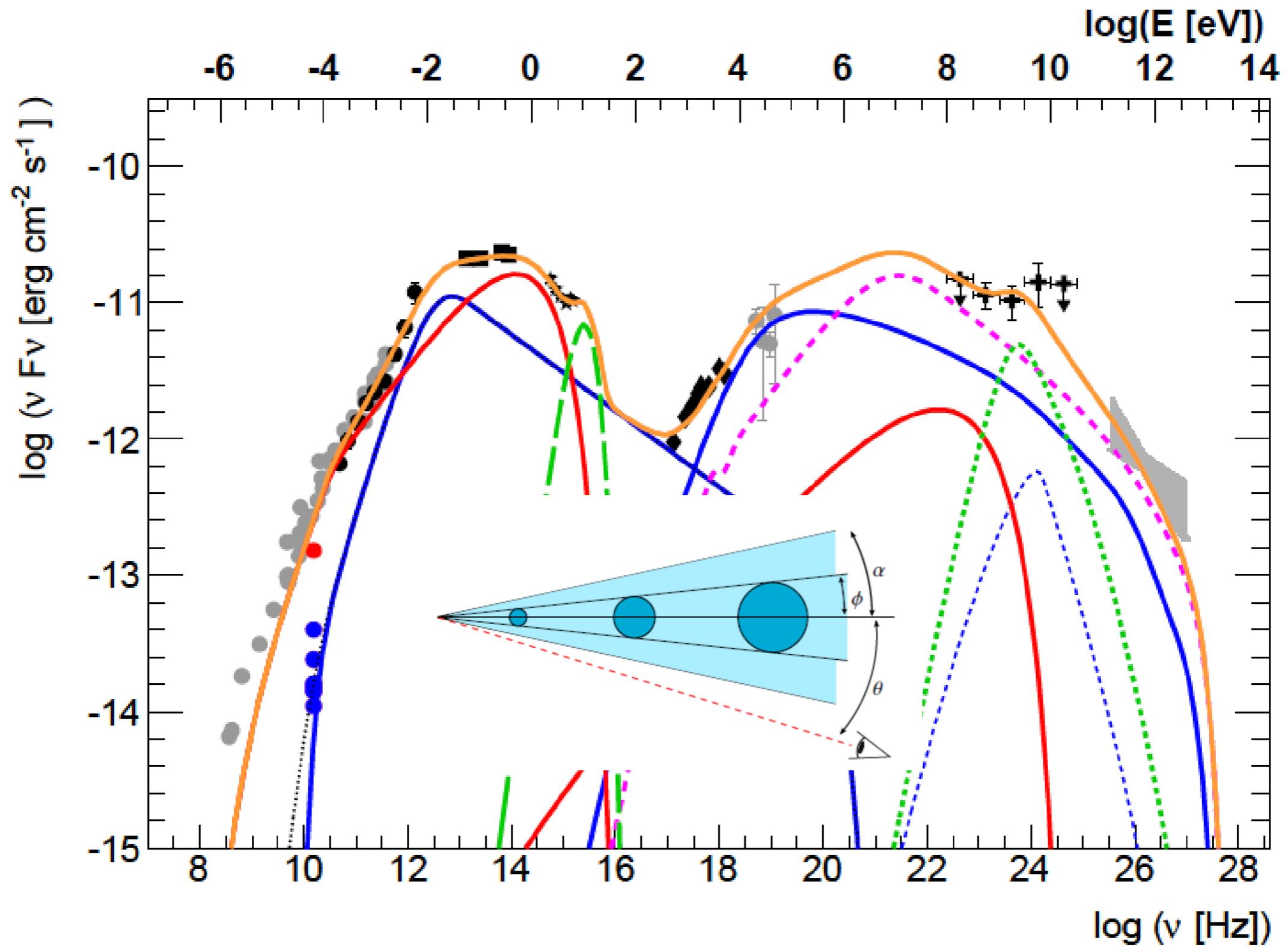
Kaufmann et al. (2013)

Simple
zone SSC
modelling



SED Data

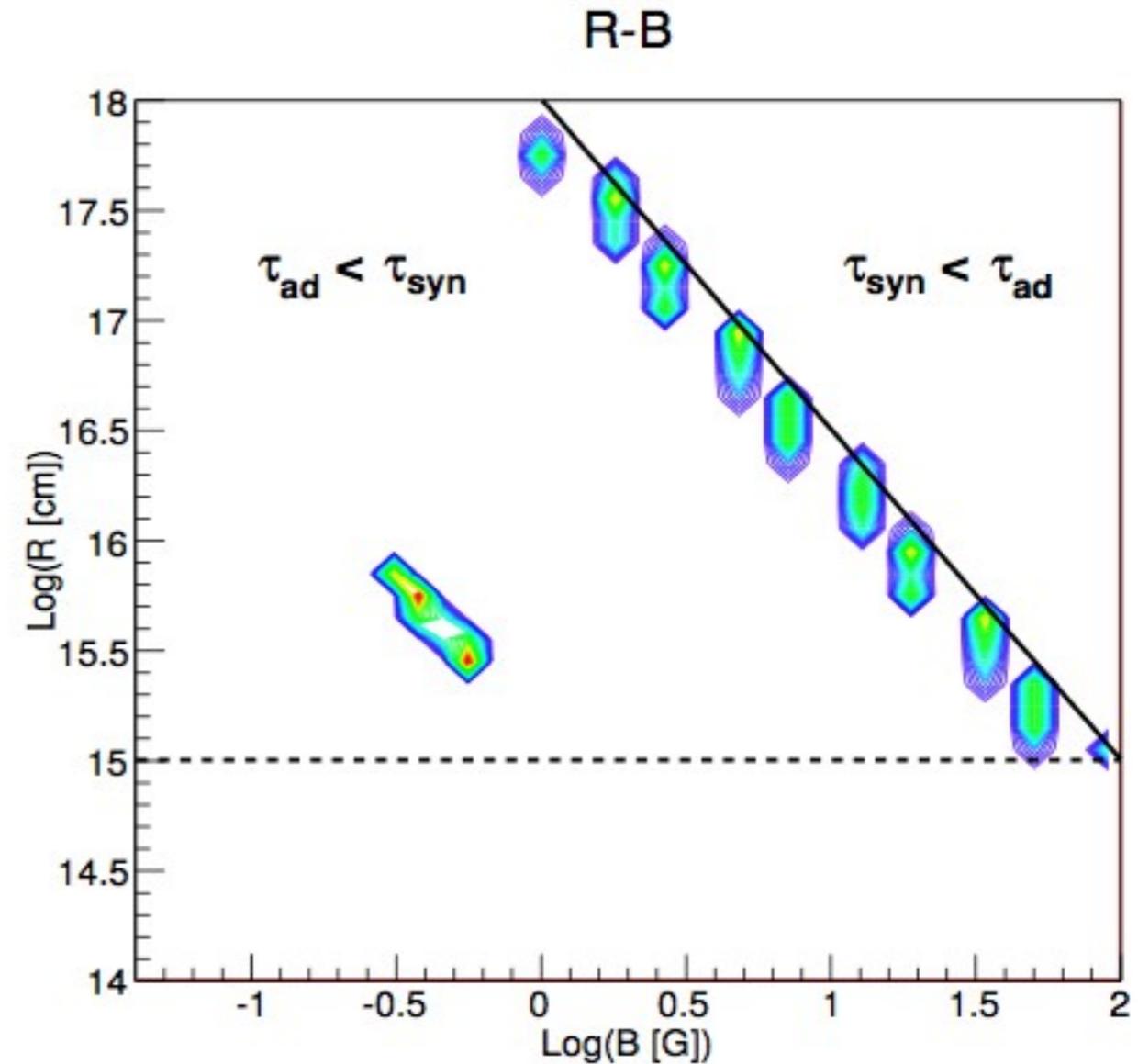
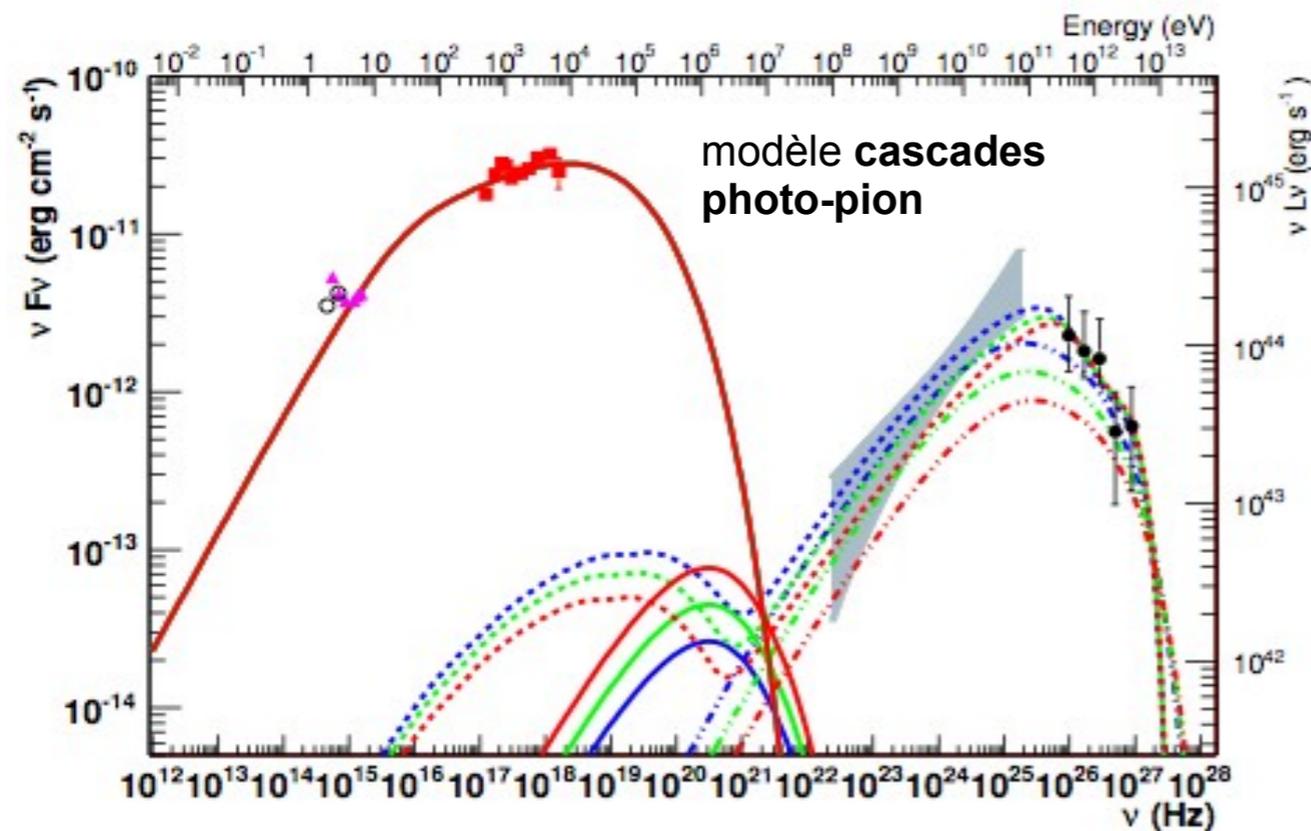
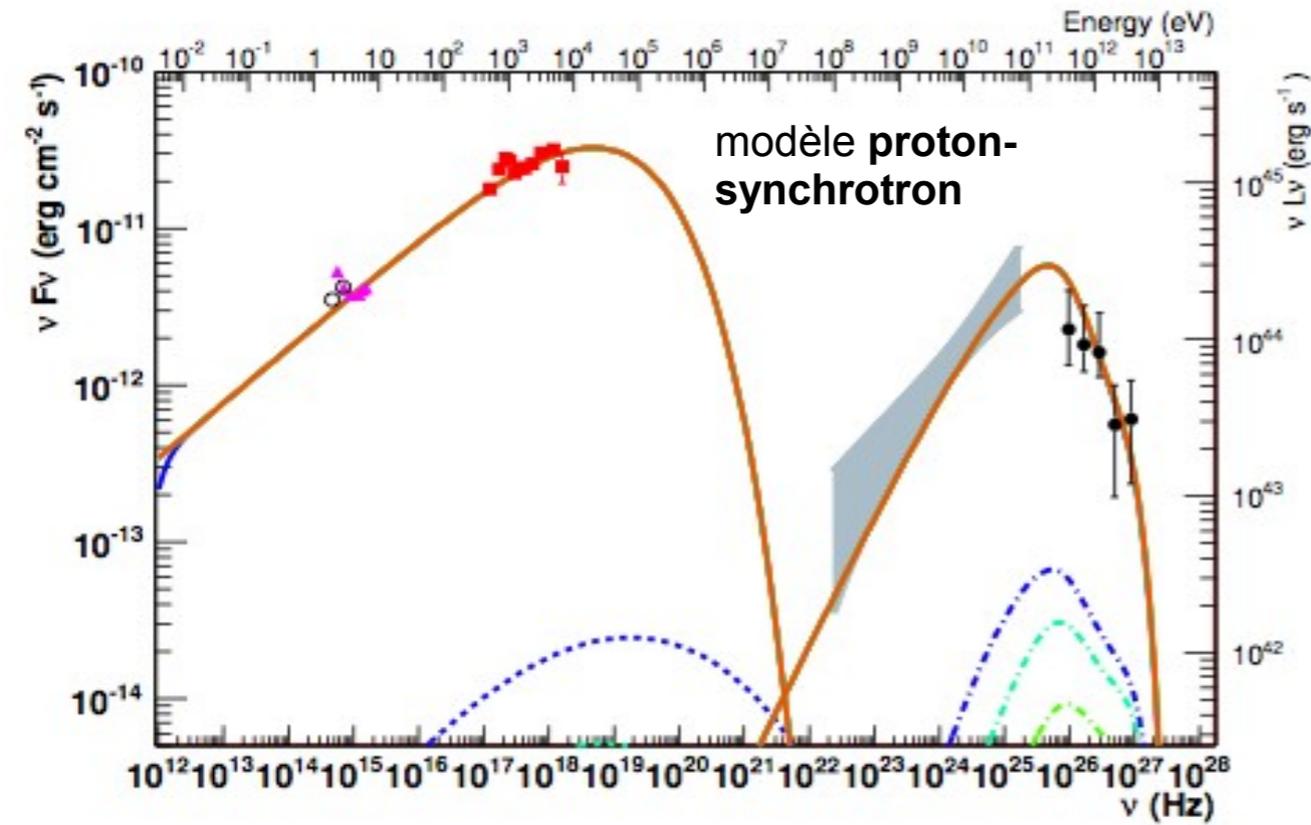




Modèles hadroniques

"A hadronic origin for ultra-high-frequency-peaked BL Lac objects", M. Cerruti, AZ, CB, S. Inoue, astro-ph/1411.5968, to be published in MNRAS

première exploration systématique de l'espace de paramètres pour des blazars extrêmes.





ERLANGEN CENTRE
FOR ASTROPARTICLE
PHYSICS



energie atomique • energies alternatives



University of
Leicester



UNIVERSITY OF
LIVERPOOL



THE UNIVERSITY
OF ADELAIDE
AUSTRALIA



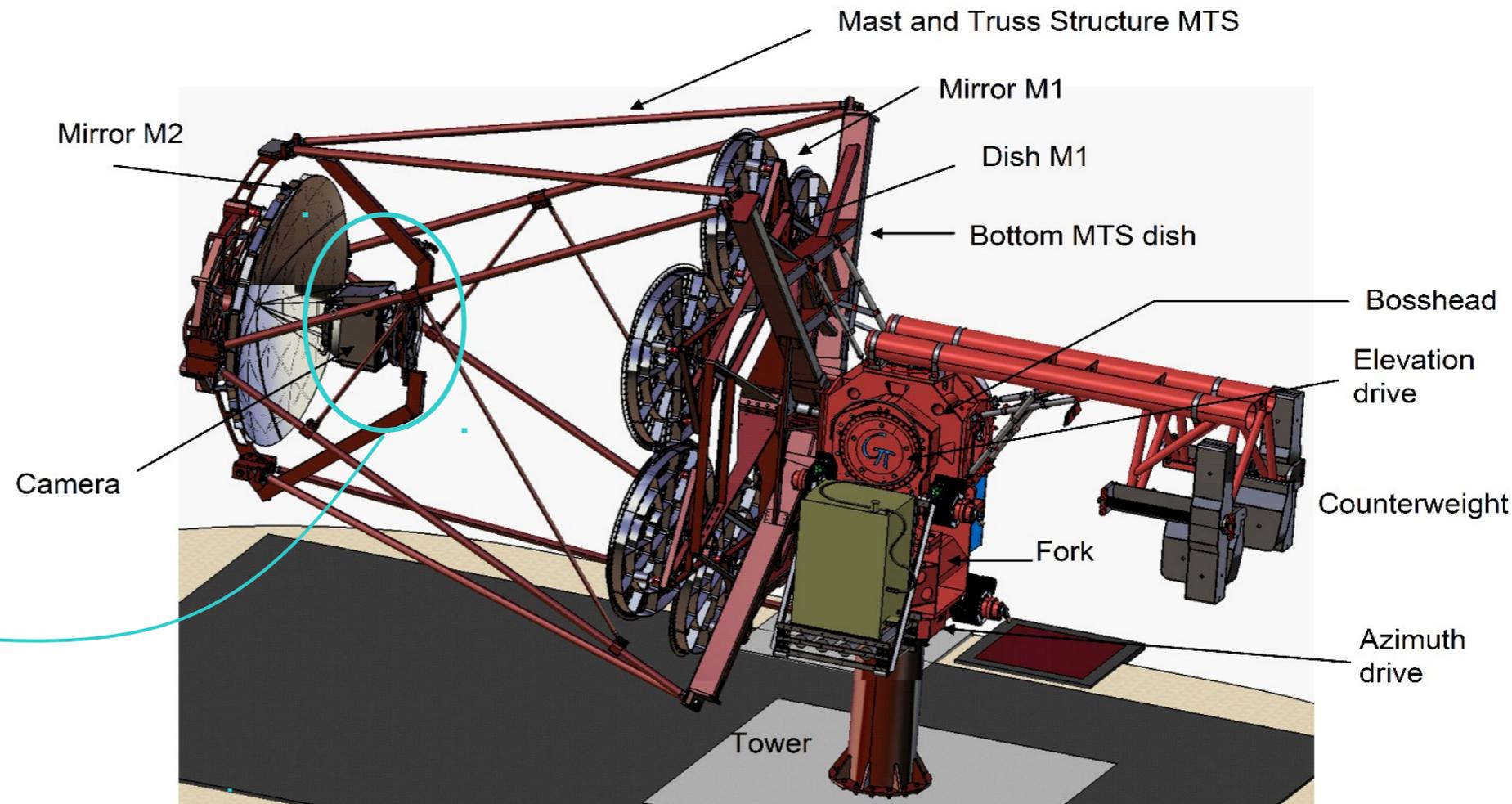
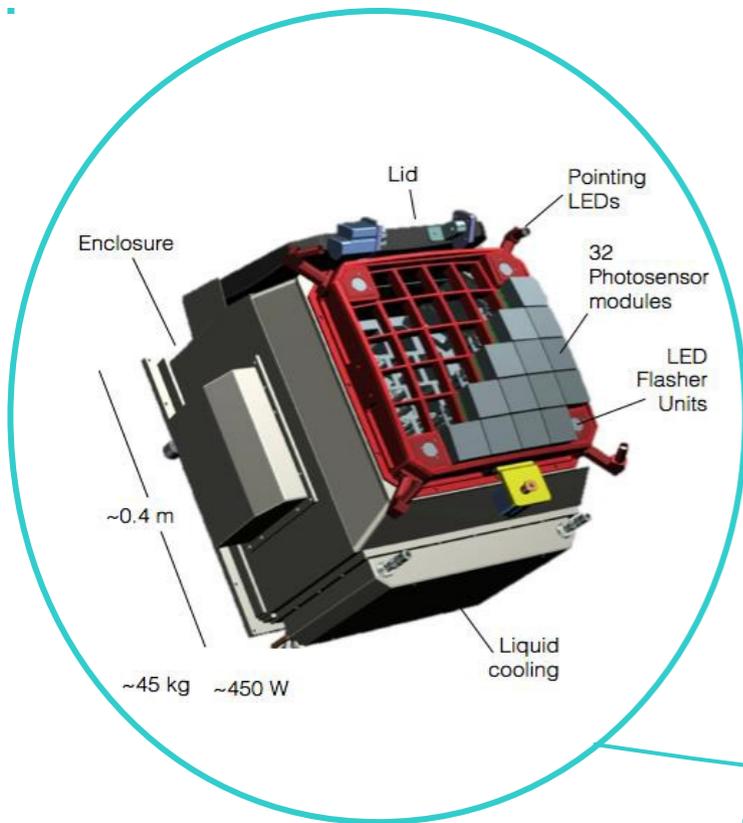
Astronomie gamma au sol: section “énergies extrêmes” du réseau CTA

Du prototype **SST-GATE** de Meudon au projet **GCT**, **Gamma-ray Cherenkov Telescope** pour CTA



GCT = **T**élescope « **SST-GATE** » + caméra « **CHEC** » (UK et al)

- Télescope nouveau de type Schwarzschild-Couder, avec monture alt-azimuth
- Conçu pour minimiser le poids (8 tonnes) - et donc le coût - , faciliter la production, le transport, l'installation des miroirs et de la caméra, et la maintenance
- Caméra conçue pour assurer une bonne fiabilité et des données de haute qualité également à moindre coût (détecteurs: SiPM / MAPM)

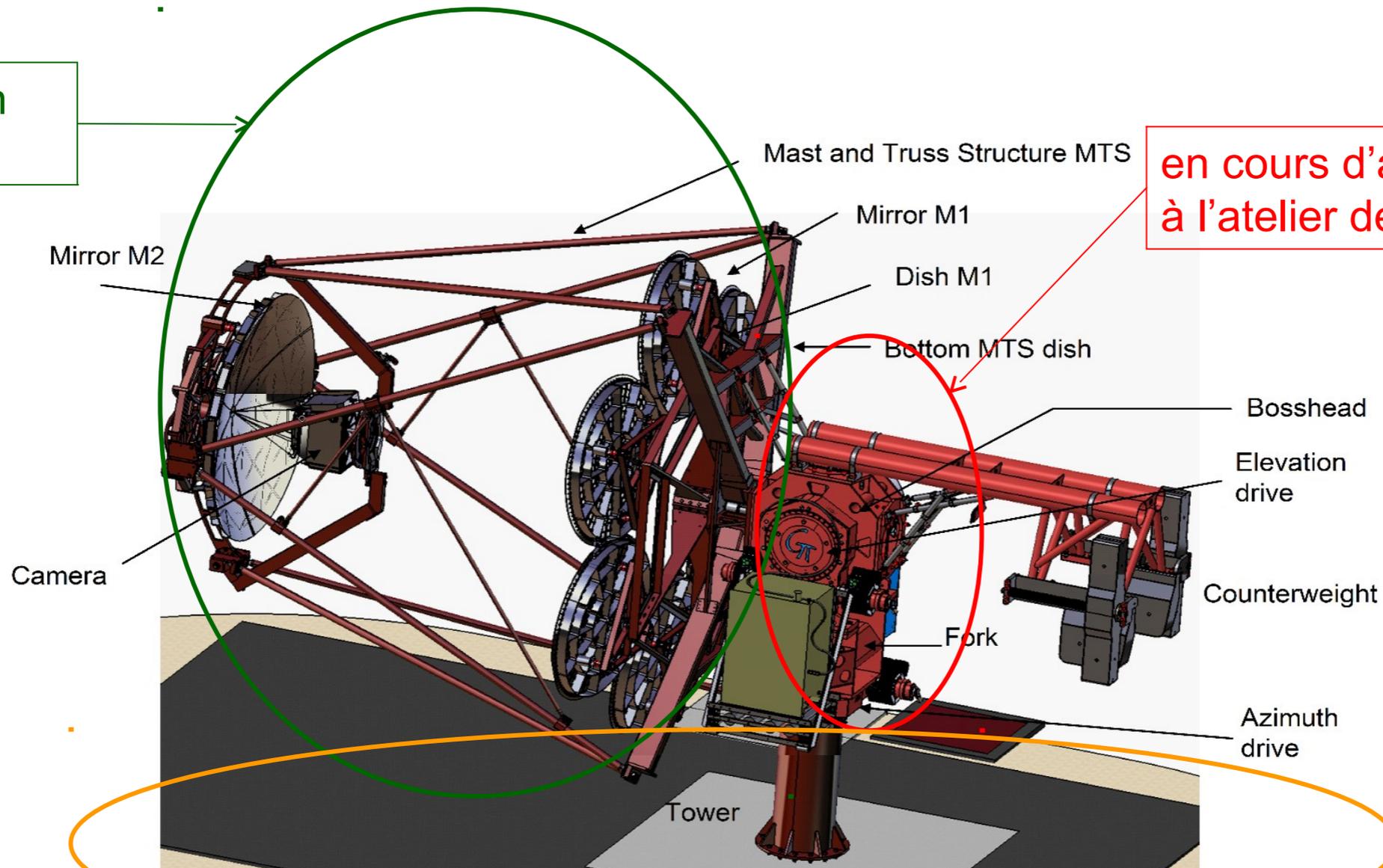


Prototype « SST-GATE »

Conception par le pôle instrumental de l'OP

Actuellement : construction des divers systèmes par sous-traitance industrielle,
et assemblage à Meudon.

production
en cours

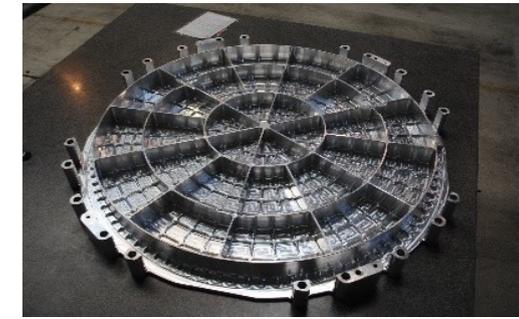
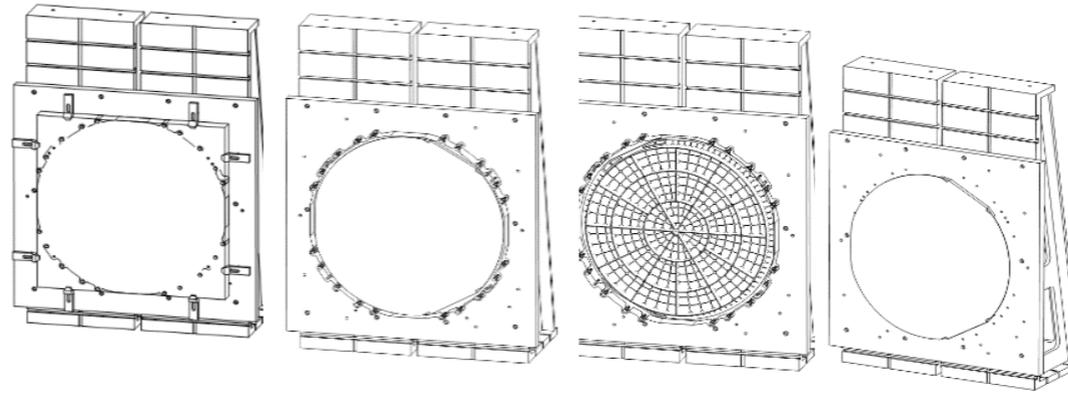


en cours d'assemblage
à l'atelier de Meudon

Assemblage
prévu sur site:
printemps 2015

installé
sur site

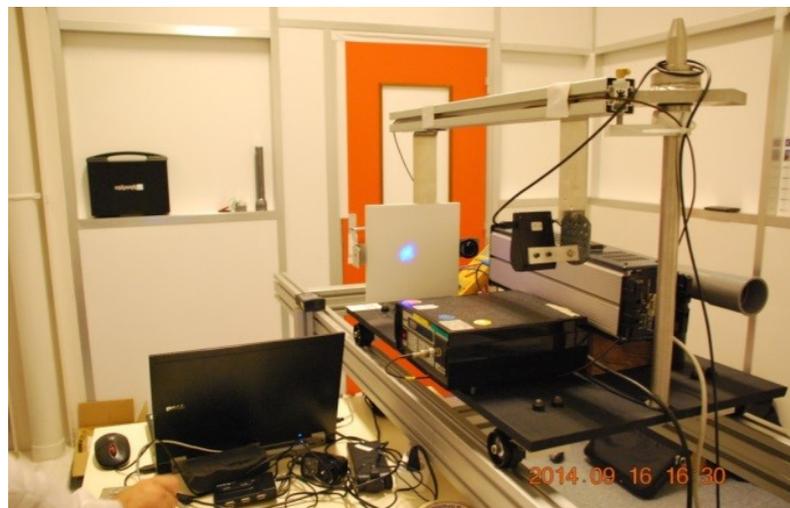
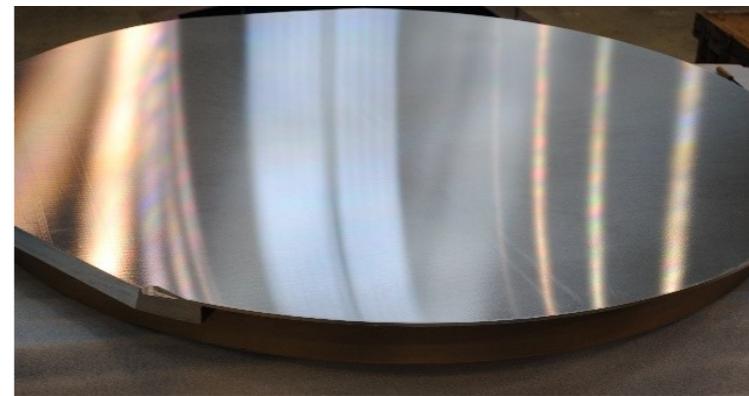
Exemple: construction des pétales du miroir primaire



Deux pétales du M1

- usinage terminé en juin 2014
- polissage en juillet 2014
- tests en cours à l'IRFU/CEA
- traitement nickel et aluminium dans les prochaines semaines

usinage



caractérisation à Saclay



Philippe



après polissage

ici : Delphine,
qui prend la photo

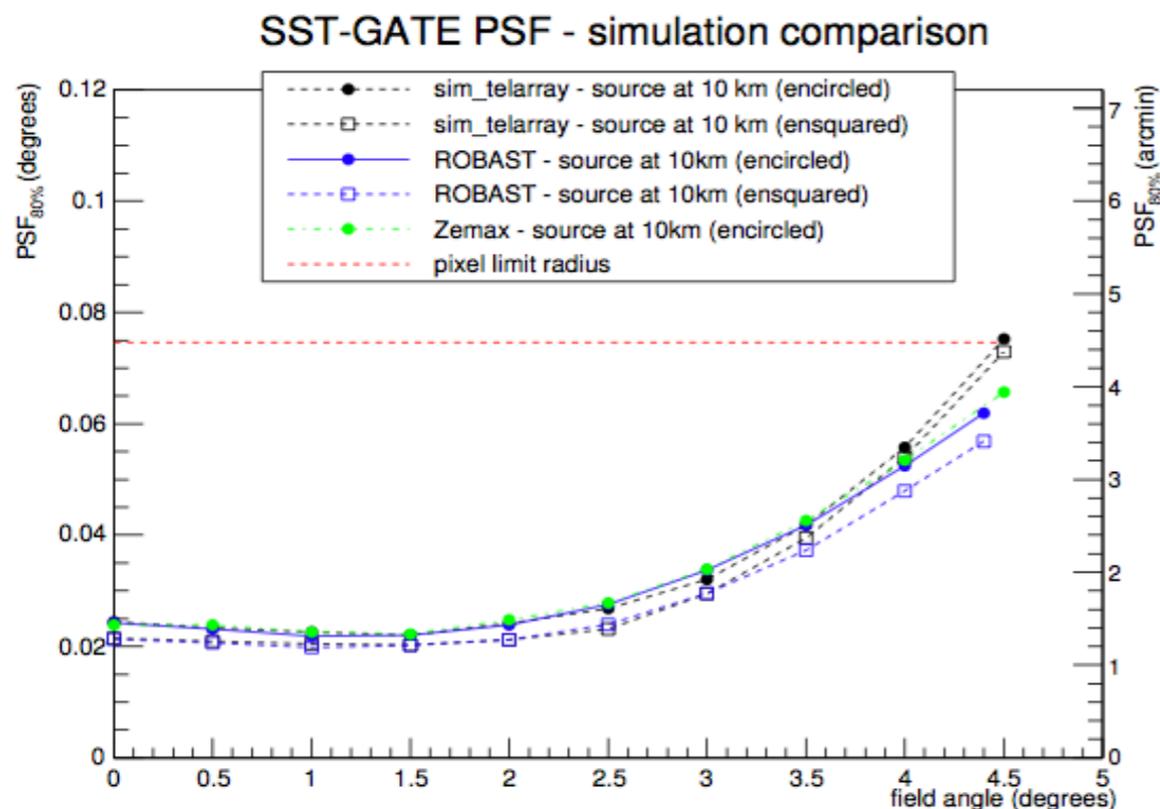
Section « énergies extrêmes de CTA »

Cas scientifique

- Exploration de l'ultime fenêtre électromagnétique encore quasi inconnue au multi-TeV et au-delà
- Recherche et étude des « PeVatrons » attendus dans notre Galaxie (restes de supernovae, nébuleuses de pulsars ?...)
- Origine et propagation des rayons cosmiques galactiques
- Analyse des AGN proches et/ou brillants : accélération maximum des particules, signatures de composantes hadroniques ?...
- Caractérisation des fonds diffus à faibles redshifts (de l'IR au 3K)
- Elargissement du domaine spectral observable : contraintes sur de possibles LIV, cascades, échos ...

SST-GATE

- simulations d'images de cascades de rayons cosmiques
- simulations du système optique
- mesure du fond de ciel à Meudon

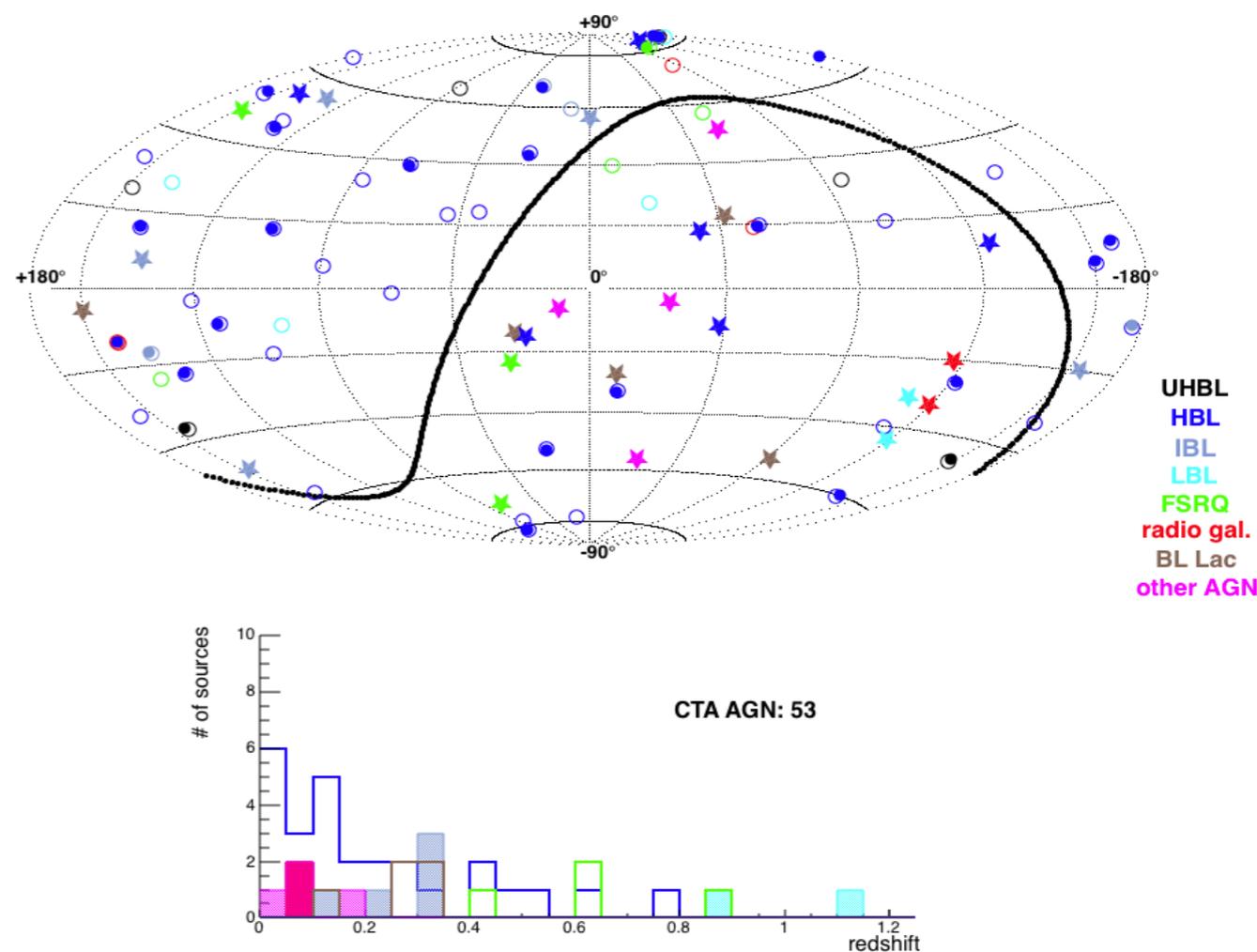


"Optical performance studies of the SST-GATE telescope", C. Rulten, AZ, D. Dumas, en préparation

CTA PHYS

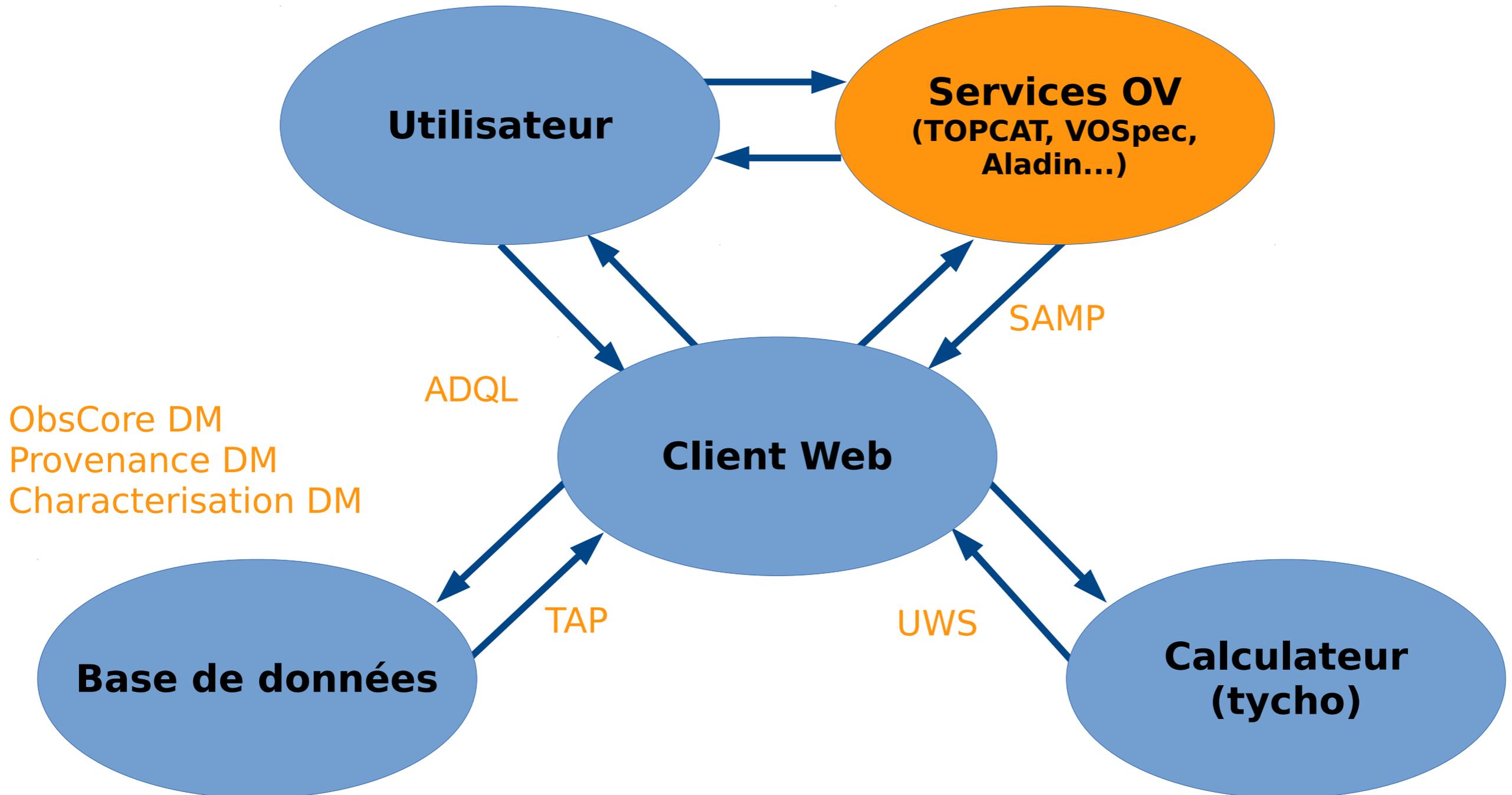
"EGal – extragalactic physics"

- AZ co-convenir du groupe de travail
- Edition du document "Key Science Project - AGN" pour le Technical Design Report



AGN cibles du KSP (en révision)

Démonstrateur d'accès aux données CTA avec les standards de l'Observatoire Virtuel (OV)



Recherche

Analyse

Visualisation

SAMP

Interop (SAMP)

Send Result Table

Send Selected Data

Analysis tools

Create Count Map(s)

Extract Spectrum

Plotting tools

TOPCAT

Aladin

VOSpec

SPLAT

Results

```
SELECT * FROM cta.vo_obscore as o WHERE 1 = intersects(o.s_region, circle('ICRS', 83.63308333, 22.0145, 0.001))
```

Requête ADQL

Send

Champs ObsCore



Search



	dataproduct_type	obs_collection	obs_id	target_name	s_ra (deg)	s_dec (deg)
<input type="checkbox"/>	eventlist	1	23592	Crab Nebula	82.01333618164062	22.01444435119629
<input type="checkbox"/>	eventlist	1	23559	Crab Nebula	85.25333404541016	22.01444435119629
<input type="checkbox"/>	eventlist	1	23526	Crab Nebula	83.63333129882812	22.51444435119629
<input type="checkbox"/>	eventlist	1	23523	Crab Nebula	83.63333129882812	21.51444435119629
<input type="checkbox"/>	eventlist	3	5003499	CrabNebula	83.28087615966797	21.784133911132812

UWS

Showing 1 to 5 of 10 rows records per page

Observatoire Virtuel - Bibliométrie

- OV et centres de données :
 - Collaboration avec ADS (SAO-Harvard) sur les services OV bibliographiques (Communication orale Conf. Naples, juin 2014)
 - Collaboration avec le CDS (Aladin) et présentations OV et Aladin en post-master et Formation continue
 - Participation à VAMDC (réflexions avenir institutionnel)
- Bibliométrie
 - Animation groupe Bibliométrie OP
 - Animation groupe BibLabos-PSL (travail sur le repérage des institutions de PSL dans les bases)
 - Veille technologique sur Bibliométrie et sur Accès aux données de la recherche (PSL)
 - Article soumis relatif à l'impact des regroupements universitaires sur les classements internationaux.

PHE

Domaine à la fois théorique, numérique, observationnel et expérimental.

Synergies :

- Jets d'étoiles jeunes avec le LERMA
- CTA avec le GEPI (multilambda, AGN, sursauts gamma...)
- APC : H.E.S.S., CTA & GATE
- GCT avec le GEPI, la DIL, l'UFE, l'APC et l'IRFU

Action fédératrice CTA

PHE

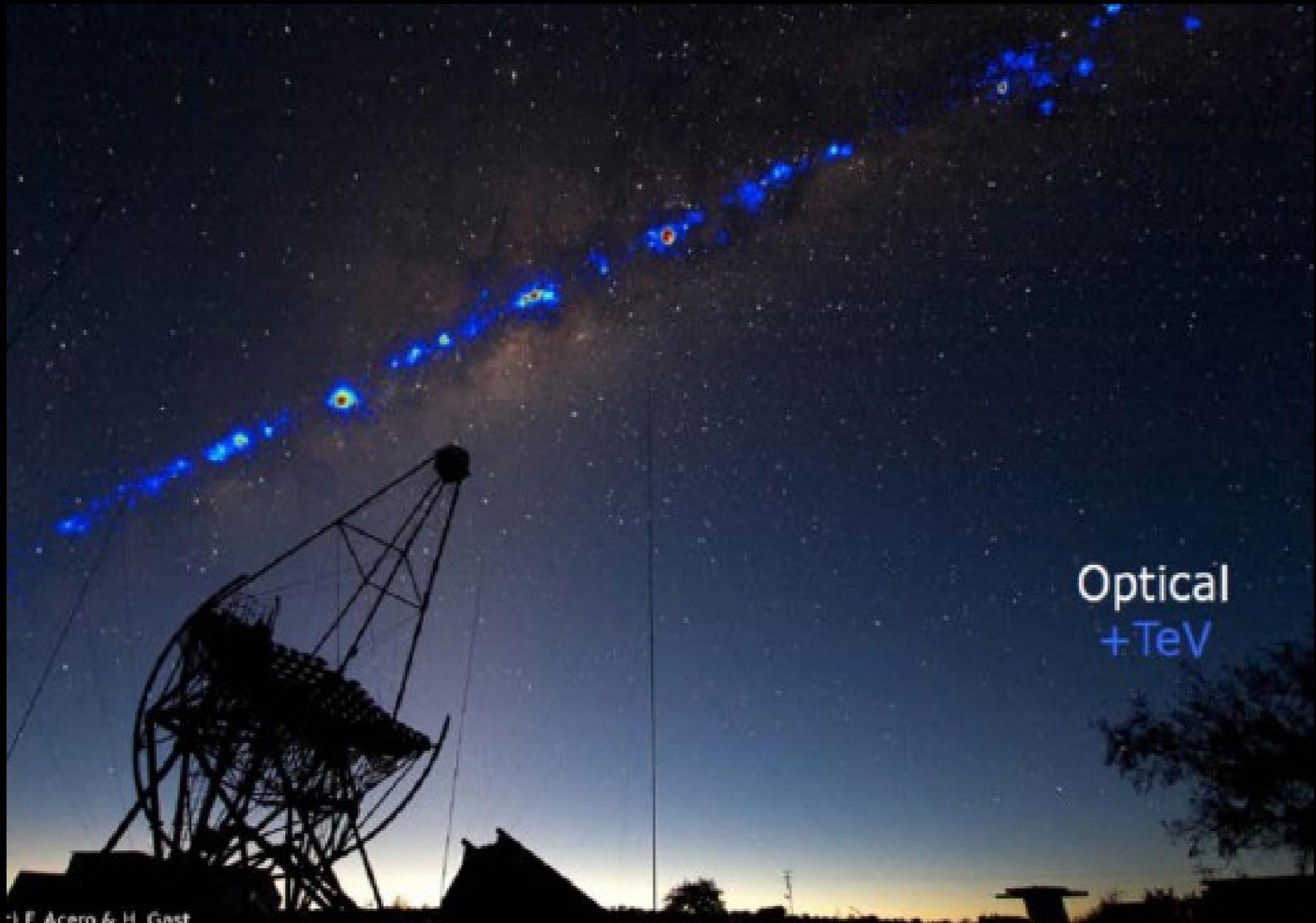
Besoins :

- Recrutement chercheurs (MC ou autre), post-docs et docs
- Ingénieur(s) OV → NOEMI

Sous-critique : majorité enseignants, responsabilités ED 127 et master

Note :

CTA labellisé en **SO2** ; en attente pour **SO5**



© F. Acero & H. Gast

CTA Science case

- ▶ **Probing the "non-thermal" Universe at GeV-TeV using gamma-rays**
- ▶ **High energy phenomena in the Galaxy**
 - Supernova remnants, black holes, stellar nurseries, pulsars, binary stars
- ▶ **Extragalactic exploration**
 - Super massive black holes, jets, gamma-ray bursters, galaxy clusters
- ▶ **Understand the origin of Cosmic rays**
 - Discovered on 1912, their origin is still uncertain
- ▶ **Study the fundamental laws of the universe**
 - Search for dark matter, test Lorentz invariance

The CTA observatory = 2 infrastructures hosting > 100 telescopes

- Northern and Southern hemispheres for full sky coverage
- Unprecedented sensitivity
- Unprecedented angular resolution