

Catherine Lacombe


Catherine nous a quitté le 16 juin 2024.
Comment imaginer le DESPA/LESIA sans elle?




Quelques notes historiques:

Les prémisses:

1942 : Détection fortuite en par les radars anglais de l'émission radio du Soleil

Après la guerre, Y. Rocard propose à J. F. Denisse et à J.-L. Steinberg de se lancer dans la Radioastronomie (Rejoints par E.J. Blum, A. Boischot, E. Le Roux)  Nançay
(Radioastronomie au sol)

La radioastronomie spatiale :

1960: Denisse suggère à J. L. Steingerg d'étudier le rayonnement radio galactique aux basses fréquences  moyens spatiaux

1962: première équipe autour de Jean-Louis Steinberg : J. Lacroix, B. Manning, R. Charvin, M. Liepschitz , N. Monge, Y. Guillou et R. Bru

1963: Service de Radioastronomie Spatiale, Fusées Rubis (1965 , 1967): rayonnement radio BF Galactique - thèse Sang Hoang (1972), première thèse soutenue sur données spatiales acquises avec un équipement conçu à l'Observatoire

1966 Création d'un groupe théorique de physique des plasmas en appui aux futures expériences embarquées

1968: La révolution!!!!

3° - Le Mouvement de Mai - Juin 1968

Le mouvement de grève et de contestation générale de Mai-Juin 1968 a été très actif à Meudon - Les structures de l'Observatoire en sortent profondément modifiées et l'état d'esprit des travailleurs est très différent maintenant de ce qu'il était auparavant.

(Rapport d'activité 1967-1968, Groupe de Radioastronomie spatiale)

P. Couturier:

Les souvenirs les plus lumineux que je conserve de Catherine sont les deux ou trois

années partagées dans les "Vahinés". La sonorisation du bâtiment était rudimentaire mais efficace: quand il n'y avait pas trop de vent, il suffisait de parler fort pour se faire entendre à trois ou quatre bureaux de distance. Catherine appelait à nous réunir lorsqu'elle avait fait chauffer la bouilloire pour le thé ou le café. Quand il y avait trop de vent, les faux plafonds qui battaient le tambour en oscillant au-dessus des cloisons nous empêchaient parfois d'entendre son appel.

Les jours de pluie quelques seaux se remplissaient d'eau sous les fuites du plafond que nous avons clairement identifiées, après les chutes de neige en revanche c'était plus difficile de prévoir où l'eau passerait car la conjugaison glace-neige et eau lors de la fonte passait entre les joints de la toiture à des endroits différents. Les jours de très beau temps, l'été, même en ouvrant toutes les fenêtres qui acceptaient de s'ouvrir, nous cuisions sous la chaleur solaire

P. Couturier: A cette époque Catherine avait déjà pris la décision qui découlait de son engagement silencieux mais très réfléchi dans les journées fiévreuses de 1968; elle a pris une place importante dans le comité de rédaction du BIOP de 1969 à 2000. C'est dans la lecture des BIOP de toutes ces années où elle y a officié que l'on peut resituer les dates et les faits essentiels de la vie de l'Observatoire, la partie officielle (les compte-rendus du CA du CS...) donnent la vision "officielle", les nouvelles de la vie sociale de l'établissement sont encore plus précieuses pour qui veut comprendre ce qui se passait au-delà de la vie institutionnelle. Le BIOP n'était pas conçu comme un outil de "comm" mais c'était simplement un senseur (pas un censeur) de la vie collective qui enregistrerait les signaux (signés et authentifiés par les auteurs). Le sérieux et la rigueur de Catherine et de ses collègues ont fait de cet organe un rouage essentiel pour mieux savoir vivre dans l'Observatoire.

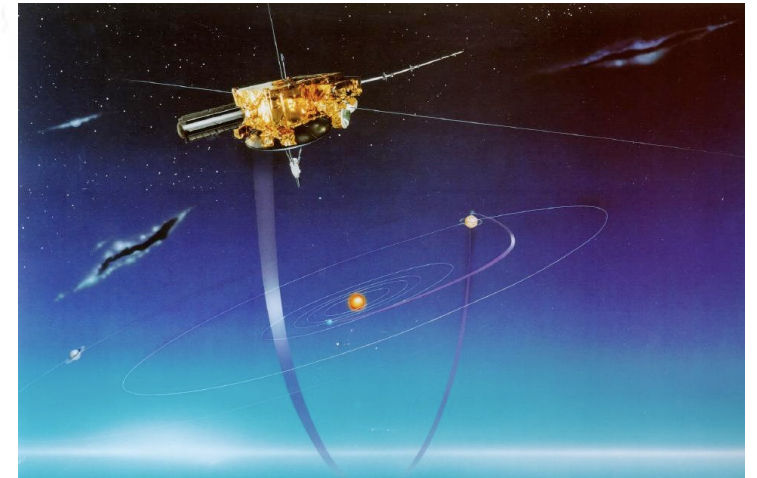
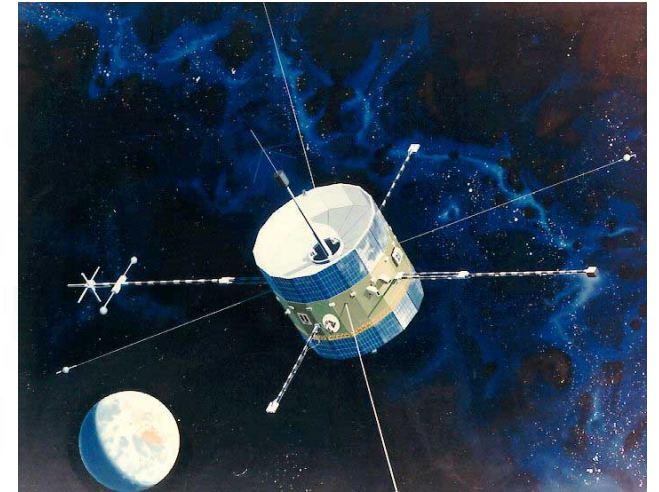
Lorsqu'elle a quitté en 2000 alors que j'étais président, j'ai regretté ce départ mais après avoir discuté avec elle j'ai pris conscience que le monde avait changé et que l'Observatoire était en train de perdre sa convivialité et ses moyens de communication simples mais chaleureux, ce n'était plus ce dont nous rêvions en 1968!

1971: Département Spatial (DESPA): réorganisation Observatoire en 1971
(nouveau bâtiment)
radio + infrarouge + planétologie

Le Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique
(LESIA) est né officiellement au début du nouveau millénaire, exactement le
1er janvier 2002.

Quelques dates:

- 1977: lancement des sondes ISEE 1-2,3 – expérience “Propagation ” (PI C. Harvey) + participation “Sondeur à relaxation” (CRPE)
- 1990 Lancement de la sonde Ulysse- expérience “URAP”
(collaboration NASA/GSFC, LESIA, Université du Minnesota ,CETP (LPP)
(le vent solaire au-dessus des pôles du Soleil)

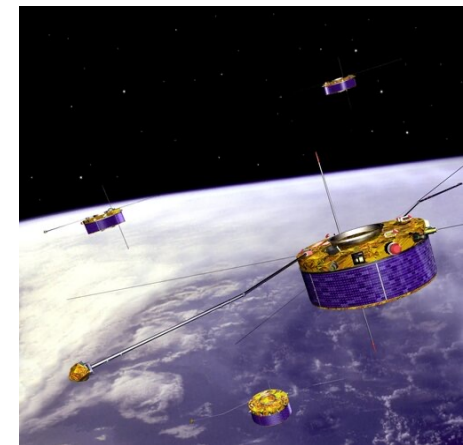


- 1994: lancement de Wind (autour du point de Lagrange L1) - expérience "WAVES" (Radio and Plasma Wave Investigation), sous-système: Thermal Noise Receiver (J. L. Bougeret)



- 2000: lancement réussi de Cluster (4 sondes) - expérience "STAFF", réalisé conjointement par le DESPA (actuel LESIA) et CESTP (actuel LPP)

(ne résume pas l'activité du LESIA!!!!)



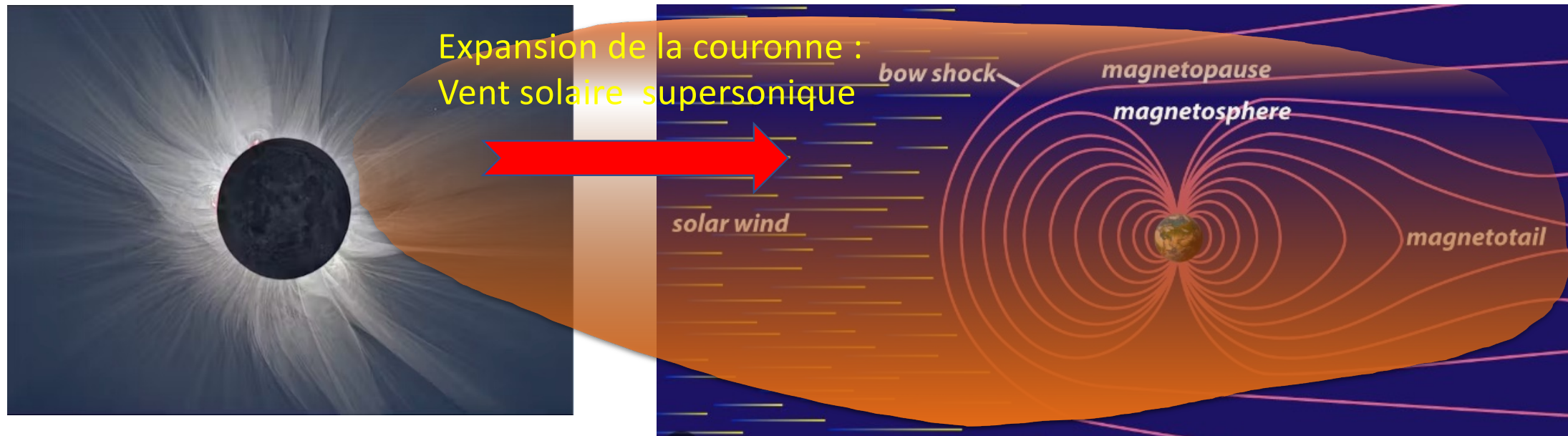
Catherine -1990



L'équipe en 1997

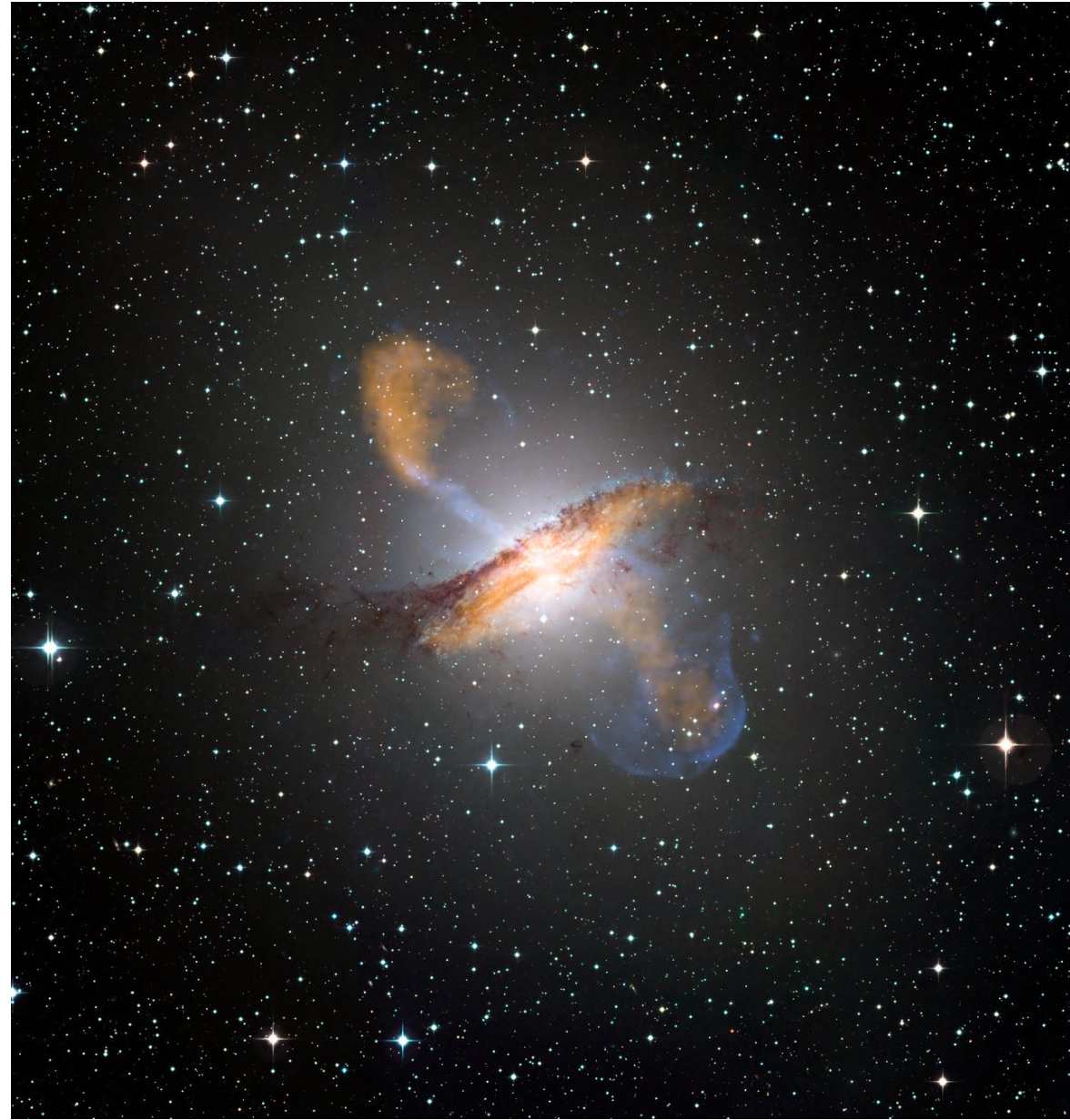


Catherine: De la Couronne solaire à la queue de la magnétosphère terrestre



Avec une excursion vers les
radio-glaxies (Thèse 1979)

Centaurus A (Bright Radio Galaxy with X-Rays)



Plasmas (complètement ionisés):

- chauds (cent mille à quelques millions de degré)
- peu denses (quelques dixièmes à quelques centaines de particules par centimètres cube)
- Structurés par des champs magnétiques (près du soleil) ou dans la magnétosphère.

Presque pas de collisions, mais des ondes en pagaille avec échanges d'énergie et de quantité de mouvement entre ondes et particules (essentiellement des électrons et des protons)!

Les mouvements des particules fortement influencés par la structure à grande échelle des champs électromagnétiques (et l'interaction avec les ondes).

Pas souvent en équilibre thermodynamique, mais le plus souvent au seuil d'instabilité amplifiant les ondes.

L'interaction entre ondes et particules peut accélérer les particules chargées

1965 Bourse CNES et 3^{ème} cycle (1965-1967) avec H. Weil (Bandes de bruit radio ionosphérique)

1969 CNRS : Type II et IV (408-169 Mhz) (A. Boishot à Nançay)

b Production et propagation des ondes

G. LACOMBE et A. MANGENEY, ont travaillé sur des observations au sol obtenues par A. BOISCHOT et B. CLAVELIER sur 169 et 408 MHz. Ce travail doit être considéré comme une préparation au dépouillement de ROSEAU qui observera des phénomènes analogues [8]. Il montre que le groupe théorique est " en prise " avec les phénomènes observés, pour le moment, au sol.

(Rapport d'activité 1967-1968, Groupe de Radioastronomie spatiale)

Première rencontre avec les chocs dans les plasma sans collisions

Radio galaxies

Halo radio étendu dû au rayonnement synchrotron diffus d'électrons mais durée de vie radiative (radio) des électrons émetteurs très petite devant le temps de traversée des lobes.

- Accélérés localement par interaction avec turbulence MHD dans les lobes des radio galaxies géantes, avec balance entre accélération et pertes synchrotrons. Le comportement chaotique de la polarisation synchrotron suggère que ces lobes sont probablement turbulents avec ondes d'Alfvén quasi-isotropes superposées sur un champ magnétique à grande échelle.
- Comment transférer l'énergie de la turbulence en accélération de particules?
- Les ondes d'Alfvén sont de bonnes candidates via une interaction résonnante (gyromagnétique). Catherine a montré que la théorie quasilinéaire de cette interaction décrivait correctement les phénomènes observés.
- Toujours d'actualité (quelques références):

Jean A. Eilek, Particle acceleration by Alfvén wave turbulence in radio galaxies, *AIP Conf. Proc.*, 144, 313–323 (1986)

S. O'Sullivan, B. Reville, A. M. Taylor, Stochastic particle acceleration in the lobes of giant radio galaxies, *M. N. R. A. S.*, 400, 248-257 (2009)

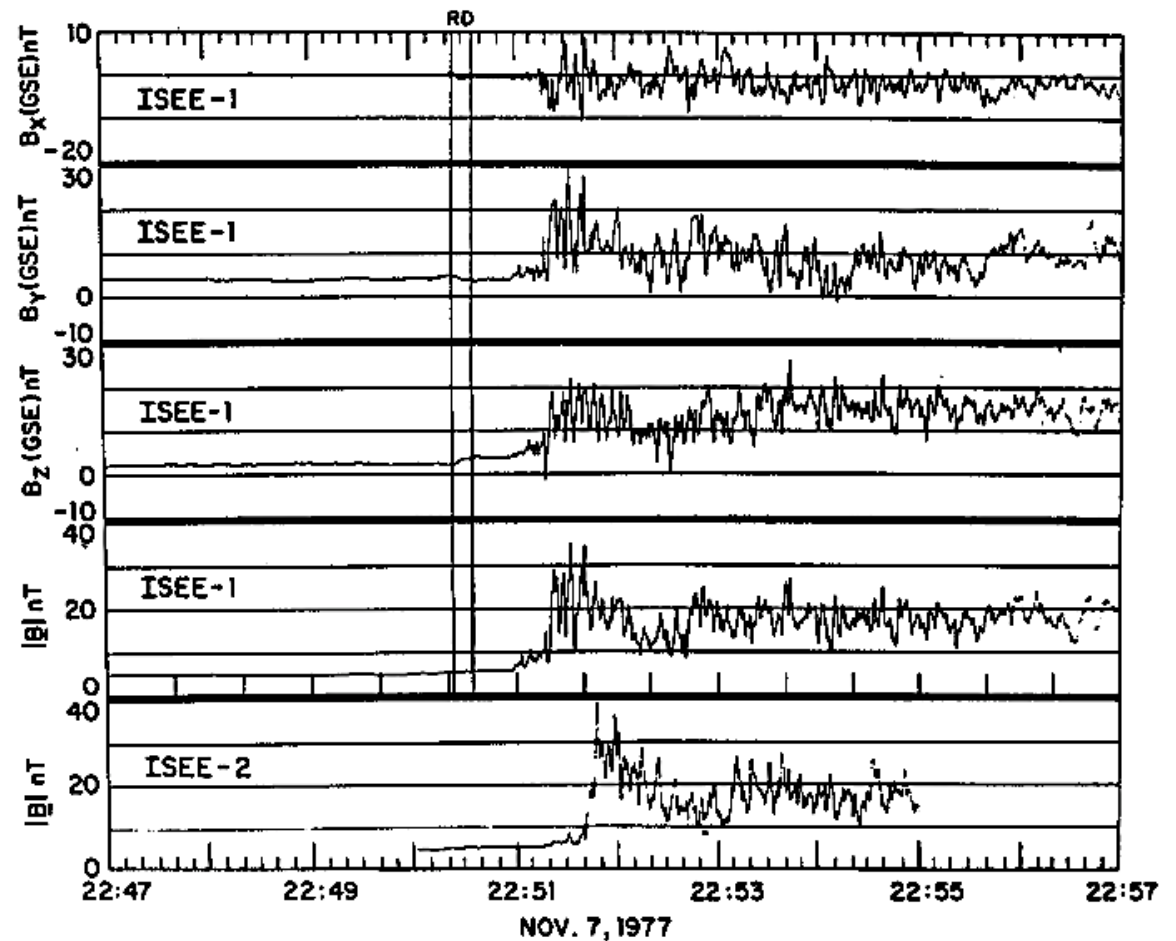
Thomas and Pfrommer (2018), Cosmic-ray hydrodynamics: Alfvén-wave regulated transport of cosmic rays

*Enfin: C'était un vrai bonheur de travailler avec de belles observations spatiales in situ,
après avoir dû faire des calculs sur des processus hypothétiques!*

Catherine Lacombe Titres et Travaux (2022)

ISEE 1-2: Analyse de la traversée
d'un choc quasi perp,
supercritique

(maitre d'œuvre: J. Scudder)



Synthèse des données de 10 instruments, champs électromagnétiques et plasma

Etablir le référentiel du choc (normale, vitesse, Rankine -Hugoniot, échelles: épaisseur de quelques longueurs inertielles des protons)

Mesurer la dérive des électrons/protons (densité de courant) :

- perpendiculaire à B dans la rampe
- dérive parallèle supersonique dans "overshoot"

Trois étapes de transformation de l'énergie cinétique du flot incident:

(1) "pied" : une partie  mouvement gyrotatoire des protons réfléchis

(2) "rampe": une autre  pression magnétique et électronique

(3) En aval: thermalisation du mouvement gyrotatoire des protons

Quelques modes identifiés:

Pied: ondes "Whistler" excitées par l'instabilité " kinetic, modified two-stream instability ".

Hull et al. ([2020](#)) a montré que les vecteurs d'onde observés sont orientés vers le "jet" d'ions réfléchis, et sont possiblement résonnant avec ces whistlers

Rampe: associées à des ondes "lower hybrid drift" excitées par les courants le long de la normale)

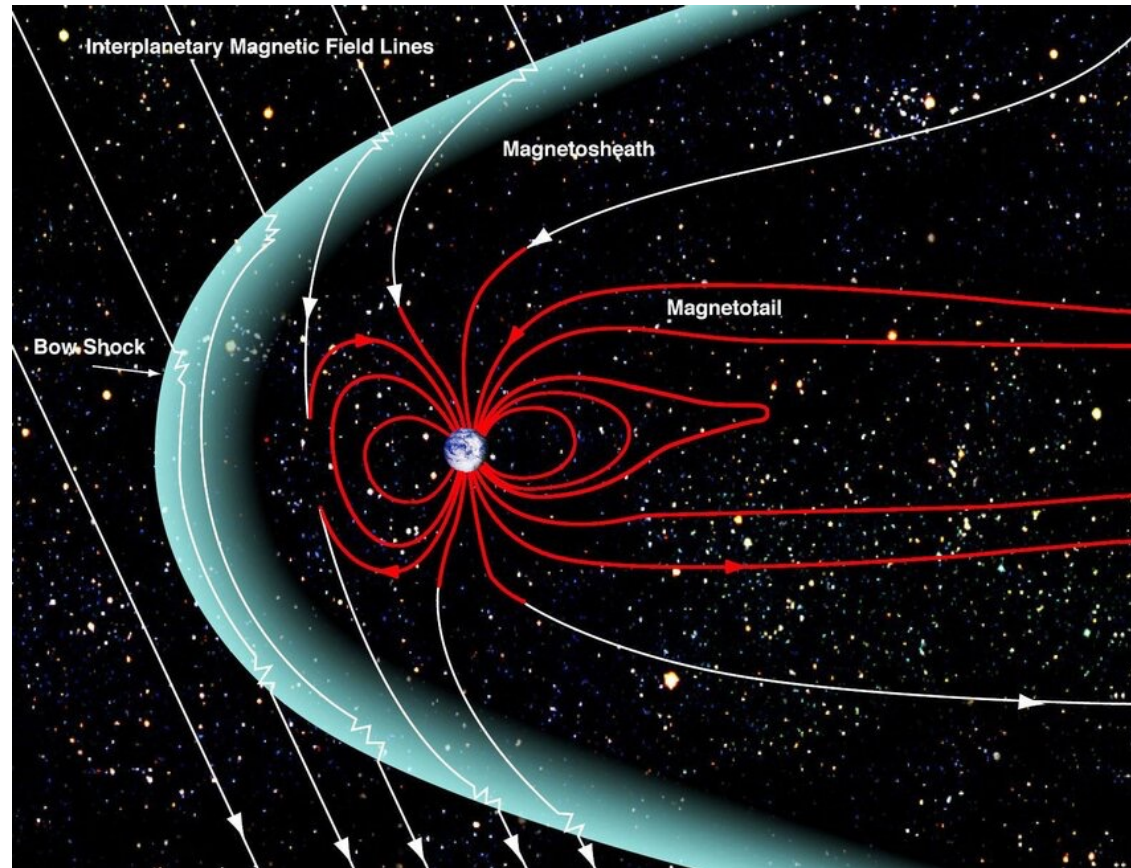
Overshoot: un mode electron acoustique responsable de la résistivité anormale

Cf Hull et al, Energy transport and conversion within Earth's supercritical bow shock: The role of intense lower-hybrid whistler waves, J. Geophys. Res., 129, A031630 (2023)

Le Choc de la Terre

Chocs Q_{\perp} , "minces", cohérents, champs électromagnétiques quasi stationnaires, dominant la dynamique des particules.

Chocs Q_{\parallel} , " étendus", beaucoup plus complexes, turbulents, avec des flux de particules dans les deux sens the upstream region..



Harold E. Edgerton: Bullet shock wave

Un objet en mouvement supersonique dans un gaz au repos crée une onde de choc

Qu'en est-il dans un plasma sans collision?



C'est la réflexion dans la rampe d'une partie des particules incidentes qui permet la transition, en l'absence de collisions maintenant un équilibre thermodynamique local. Il en résulte une interaction complexe entre les particules incidentes, les ions réfléchis et les électrons qui n'est pas encore parfaitement comprise.

L'étude des chocs sans collisions très difficile en laboratoire, l'essentiel des connaissances vient des données spatiales.

(Burgess D., and M. Scholer, Collisionless Shocks in Space Plasmas: Structure and Accelerated Particles, Cambridge University Press (2015))

On observe des chocs sans collisions un peu partout dans l'univers, autour d'étoiles, des restes de supernovae, galaxies,....

[LL Orionis](#) (very young star): bow shock in [Orion nebula](#). LL Ori emits a vigorous stellar wind, which collides with slow-moving gas evaporating away from the center of the Orion Nebula, only 1,500 light-years from Earth.

The filters used in this color composite represent oxygen, nitrogen, and hydrogen emissions.

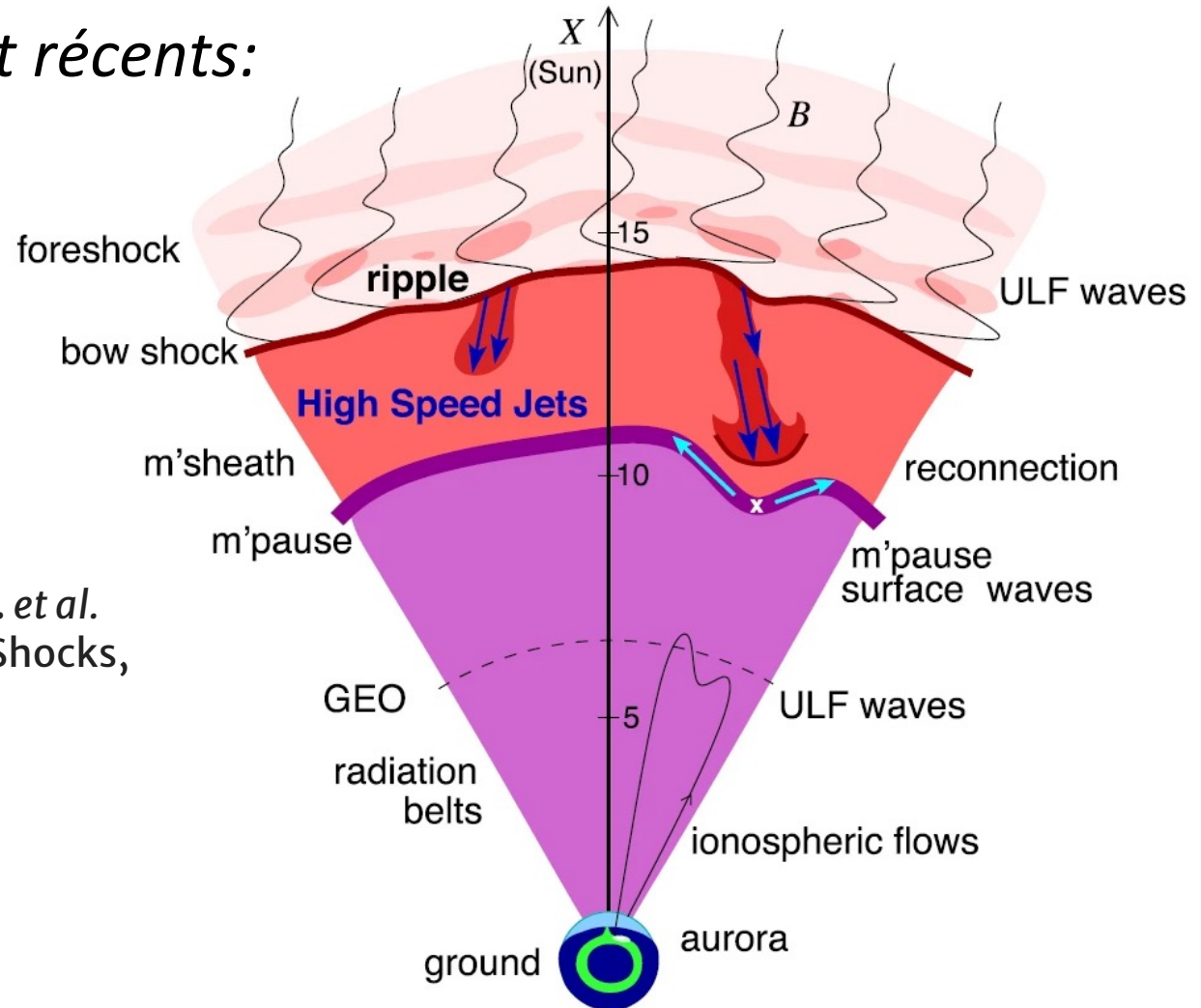


OB star HD77581 and (optically invisible) companion Vela X1 (in H-alpha) : typical bow shock, system moving towards the north; its origin is the supernova explosion of the progenitor star of Vela X1

(ESO)



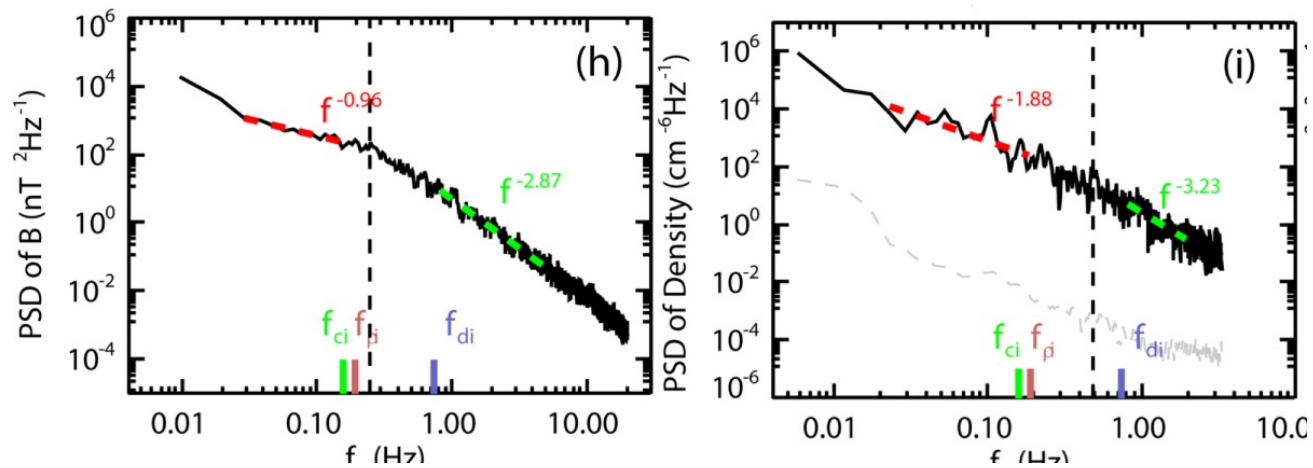
Quelques développements récents:



Plaschke, F., Hietala, H., Archer, M. *et al.*
Jets Downstream of Collisionless Shocks,
Space Sci Rev 214, 81 (2018)

Le Vent Solaire et la magnetogaine sont des régions “turbulentes”, avec quelques caractéristiques communes:

La puissance spectrale (intensité² par bande de fréquence) des fluctuations magnétiques



Li et al. (2020)

f^{-1} aux grandes échelles
 Kolmogorov $f^{-5/3}$ échelles MHD
 $f^{-2.8}$ aux échelles cinétiques

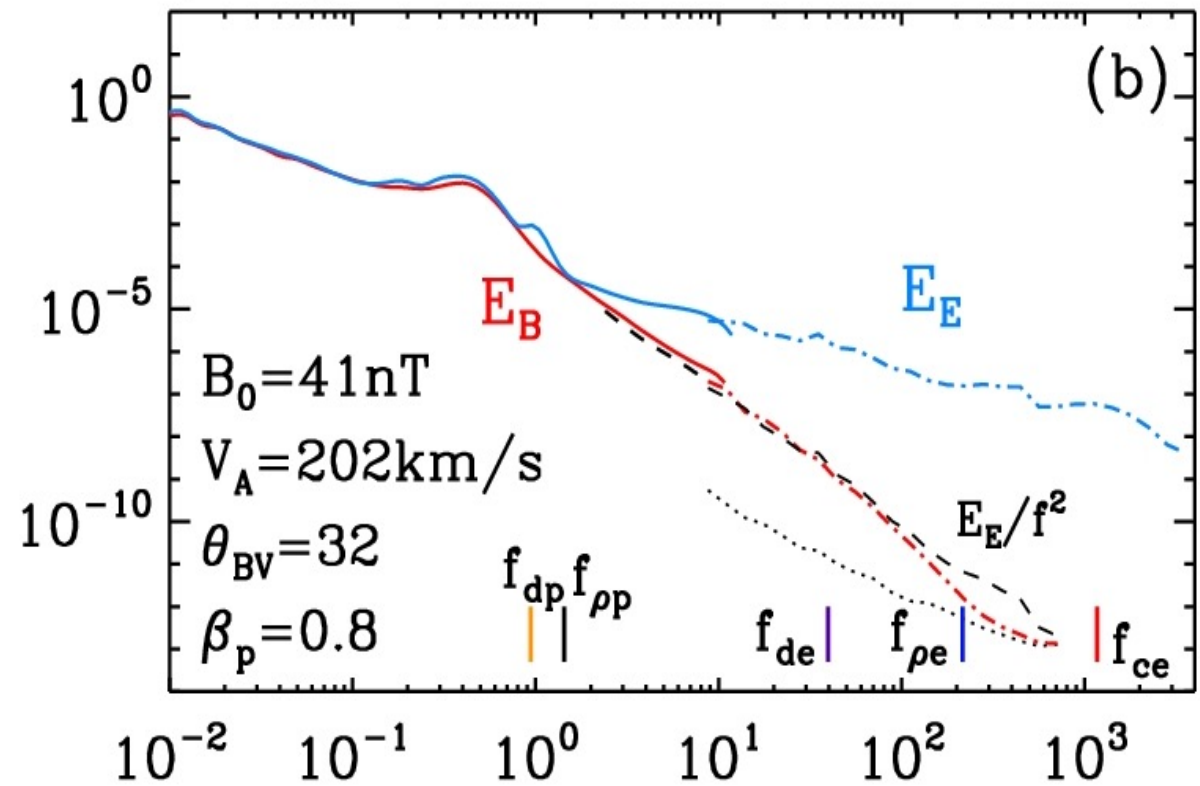
Premières mesures des puissances spectrales des fluctuations électriques et magnétiques aux échelles électroniques (*Cluster*)

Solid (FGM/EFW) and dash-dotted (STAFF-SA) lines : magnétique (red) and électrique (blue)

Les pentes des spectres électriques et magnétiques diffèrent à haute fréquence.

$\delta E/\delta B \propto$ en accord avec prédictions basées sur une loi d'Ohm (courbe pointillée noire)

16/12/2001 08:00–09:00 UT C4



Avec Staff-Cluster, en remarquant que la fréquence observée correspond à un vecteur d'onde k de plus en plus grand au fur et à mesure que l'angle de k avec la vitesse du plasma tend vers 90 degré (effet Doppler) Catherine a pu montrer dans le référentiel du plasma, les fluctuations sont statiques (ou se propagent lentement) (ce qui fait que les fréquences observées peuvent être converties en distance):

- a) À basse fréquence, électromagnétique, les vecteurs d'ondes sont perpendiculaires au champ magnétique
- b) à plus haute fréquence, électrostatique, les vecteurs d'ondes sont parallèle au champ magnétique et peuvent être des modes de type ion-accoustiques.

Des résultats analogues pour le Vent Solaire.

NB: Catherine m'a mis en premier auteur pour l'article de 2006, mais c'est elle qui a fait le boulot!

Référencé comme Anne Mangeney (ma fille), premier auteur, par certaines bases bibliographique....

Ce n'est qu'un échantillon...

Peut-être qu'elle connaît maintenant la réponse à la fameuse question:

When I meet God, I'm going to ask him two questions: why relativity? And why turbulence?