

“Continuum Radiation”

L’autre radio émission planétaire



Laboratoire de Physique des Plasmas

Patrick Canu

Atelier Magnétosphère planétaires comparées

Meudon, 4-6 Février 2015



Emissions Radio



- Radio source: Moyen très performant d'étudier les objets astrophysiques à distance
- Planètes magnétisées sont des émetteurs importants d'émissions radio (Jupiter, Terre, Saturne, Uranus, Ganymède ...)
- AKR (Auroral Kilométrique Radiation), TKR (Terrestrial..), SKR (Saturne ...) bien connus pour leur apport à la connaissance des régions aurorales, et aux avancées sur les mécanismes d'émission à leur origine:
F ~ Fce Instabilité Maser Cyclotron

Emissions Continuum



- Il existe une autre classe d'émissions radio qui fournissent des informations importantes sur les magnétosphères planétaires
- Généralement moins intense que AKR
- Mécanisme Emissions F_{uh} autour des $(n+1/2) F_{ce}$ dans les régions de fort gradient en densité (ie plasmopause)
- Fournit des informations sur la densité (locale ou à distance)
- Piégée dans la cavité magnétosphérique pour $F > F_p$ Mgaine
elle s'échappe au-delà de la magnétosphère pour $F > F_p$ Mgaine
- Signatures variées qui ont engendré des noms variées
 - Continuum Radiation
 - Narrow band Electromagnetic Radiation
 - Myriametric Radiation (Km wavelength)

Quelques exemples présentés ici de ce que peut apporter leurs observations autour de différentes planètes

Continuum : Signatures variées

Ex: une journée Cluster



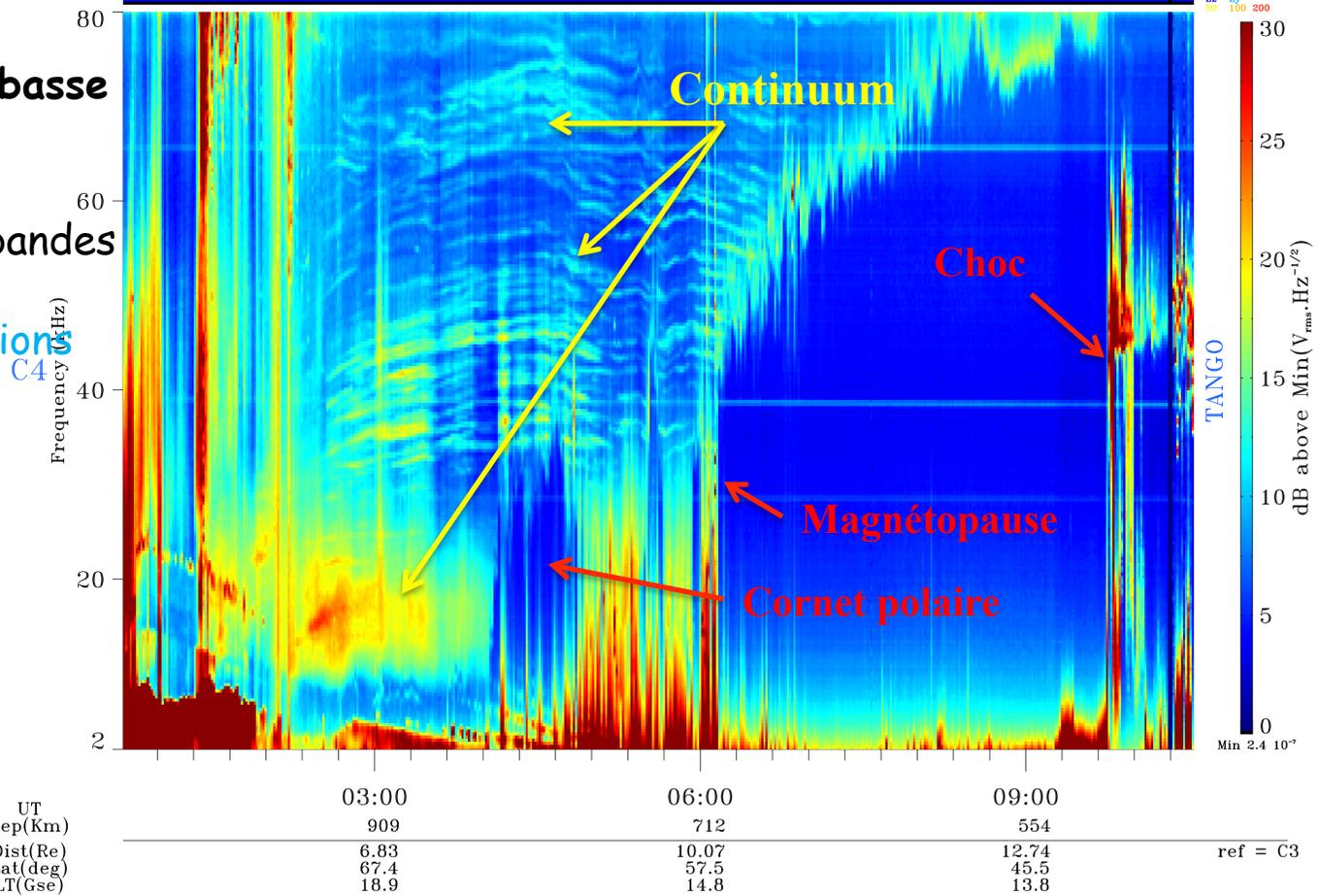
CLUSTER-WHISPER ELECTRIC FIELD SPECTROGRAM
FEB 26, 2001 Day 57 Orbit 104

Method: AvgNat

presence HBR
312 500 100 04
Ez Ey
50 100 200

Fréquence de coupure basse locale: **Densité locale**

Source des émissions (bandes étroites):
Remote sensing des régions

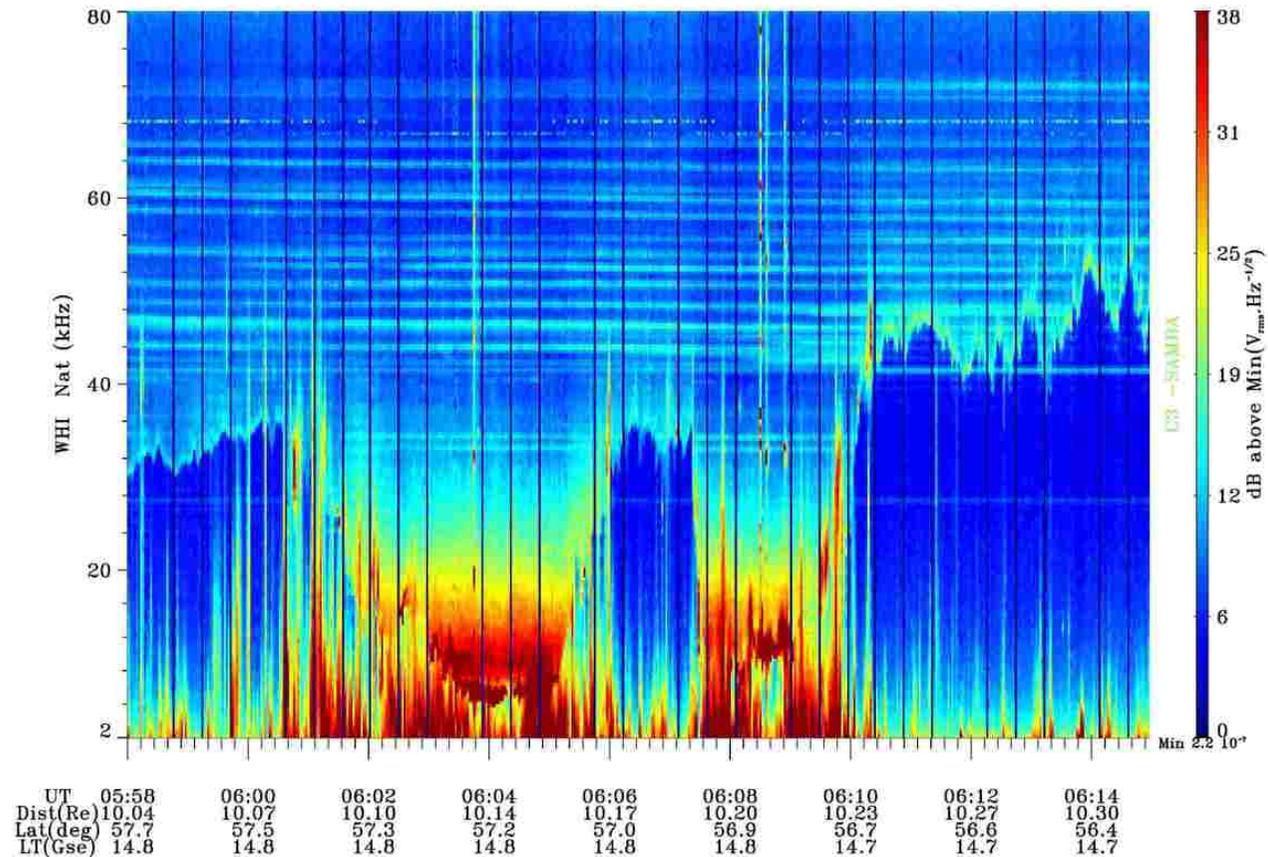


Piégeage et bandes étroites



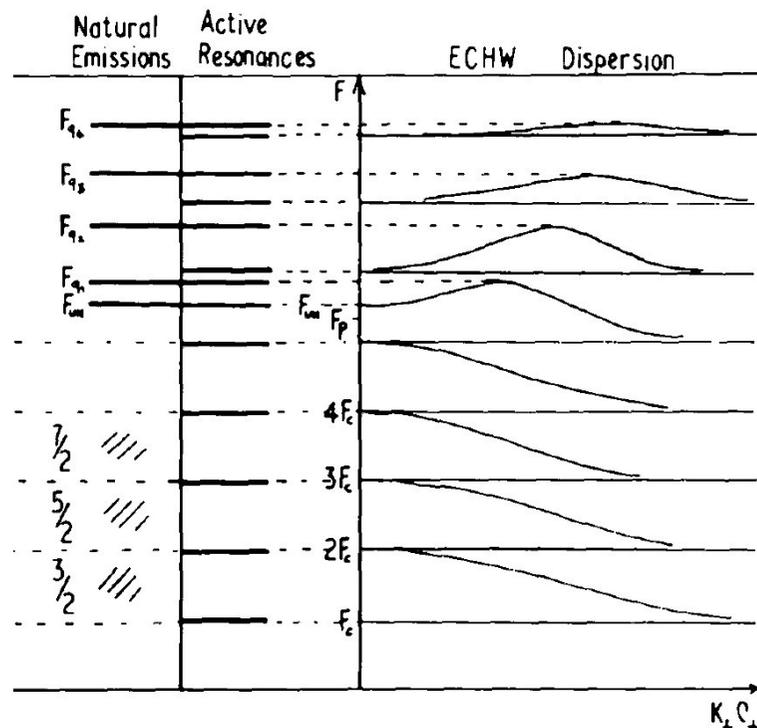
CNRS/LPP

CLUSTER - Parameters
FEB 26, 2001 Day 57 Orbit 104

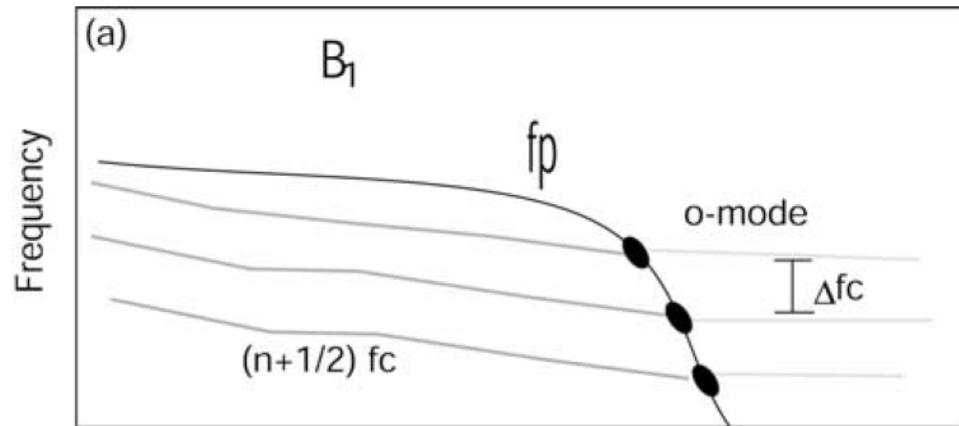


Patrick Canu
29 Jan 2015, 15:48

Modes de Bernstein

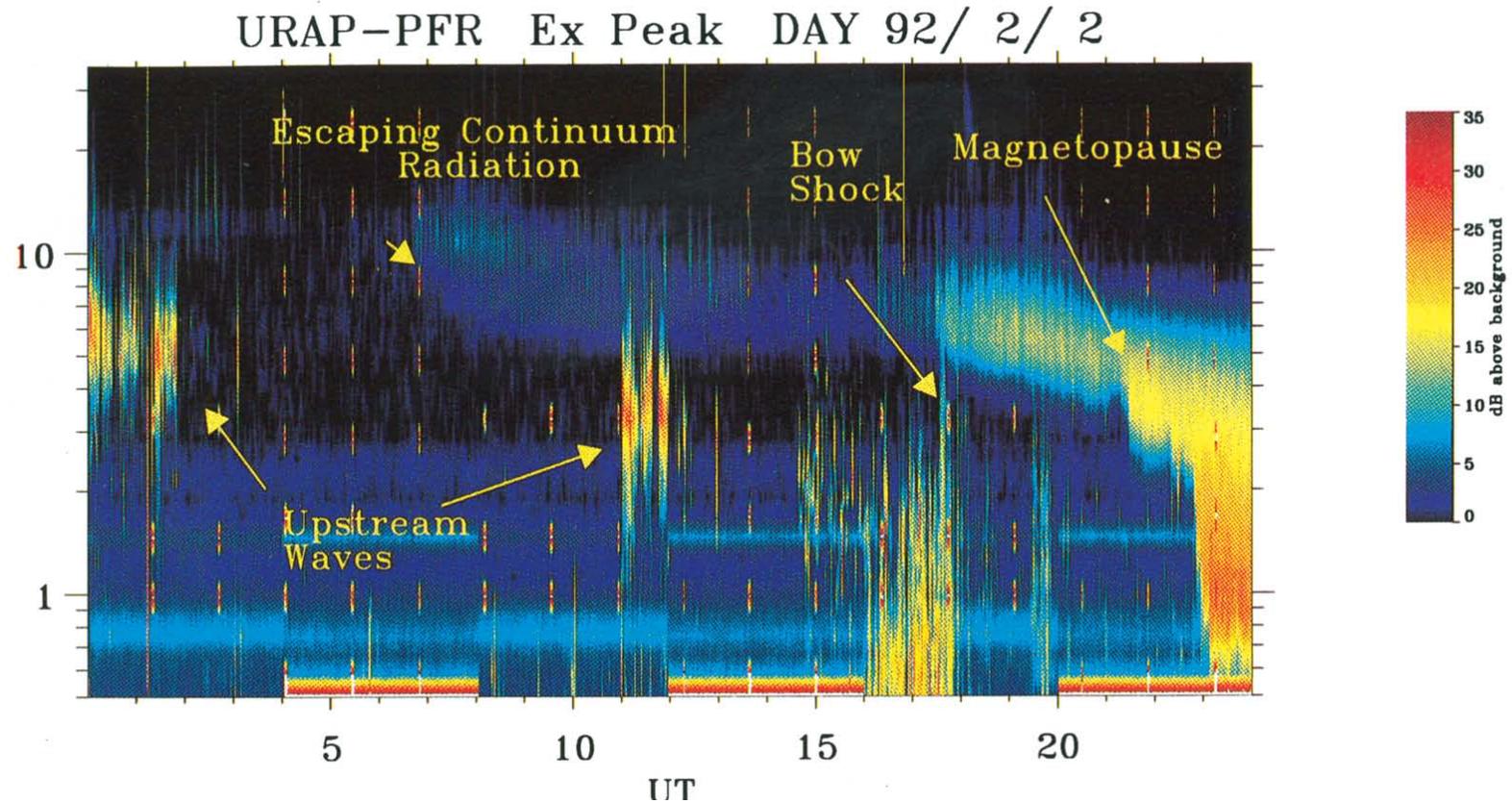


Propagation entre les harmoniques de F_{ce}



Bandes d'émissions entre les nF_{ce}
 Régions de fort gradient en densité
 ie: plasmopause

Ulysse à Jupiter: Monitoring de l'expansion de la magnétosphère



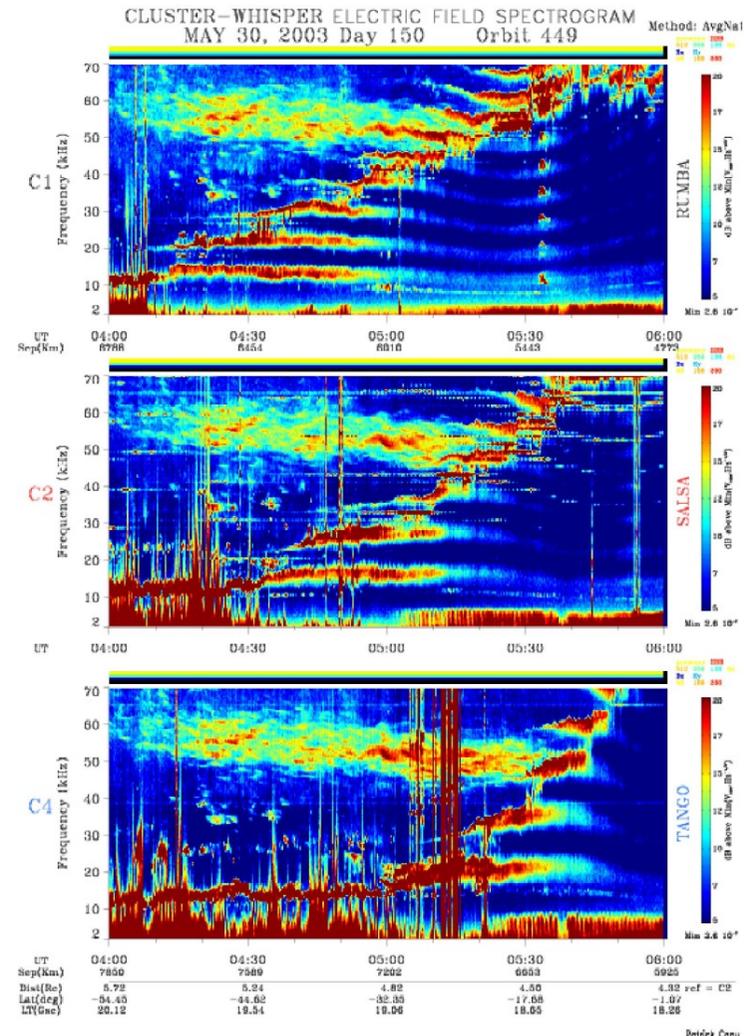
Fréquence de coupure basse (F_p) diminue en s'approchant de Jupiter
=> F_p magnétopause diminue: **la magnétosphère est en extension**

Emissions Plasmopause observées par Cluster

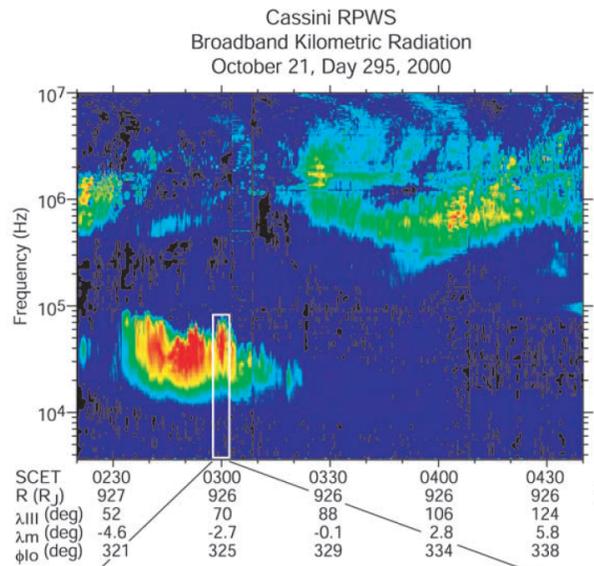


Diminution lente de la fréquence des émissions suggère une expansion de la plasmasphère

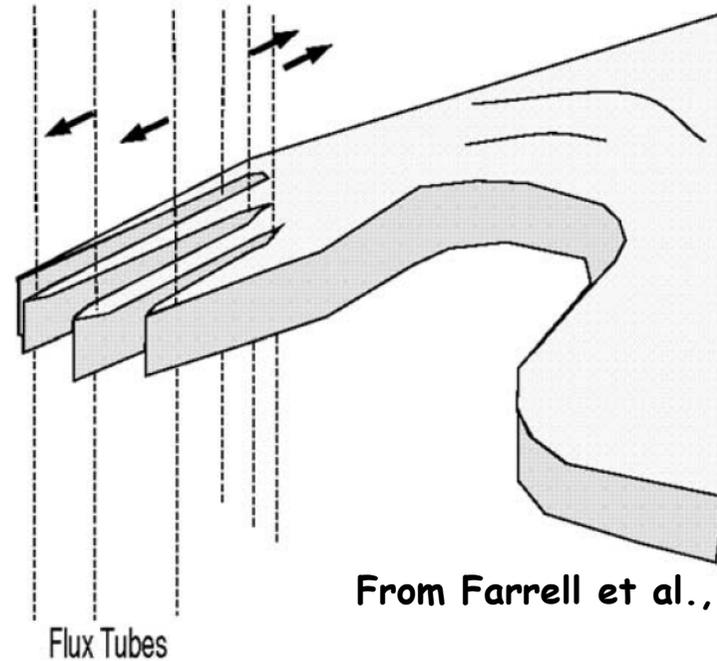
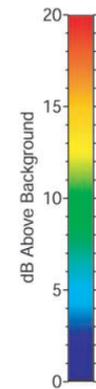
Expansion confirmée par l'analyse des mesures par les 3 satellites Cluster en opération qui traversent la plasmopause à des instants différents



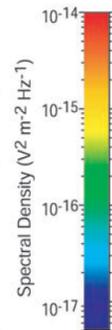
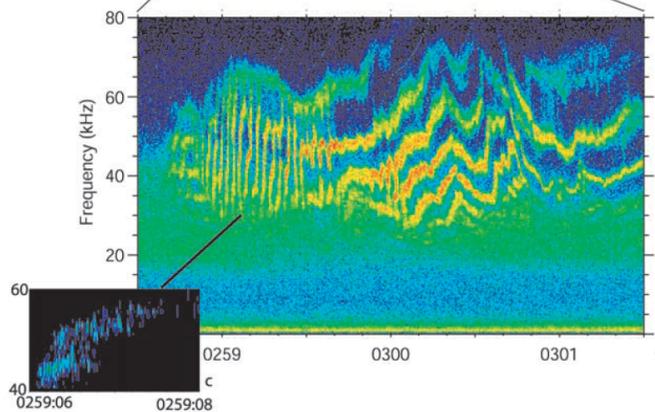
Cassini à Jupiter: Io Torus



A-G00-195-2



From Farrell et al., 2004



**Observations continuum à distance $\sim 930 R_J$
Structures fines en fréquences variant rapidement**

**Interprétées comme une cavité $\sim 1-2$ deg en longitude,
région de forts gradients de densité précédés/suivis de
déchirements ~ 500 km de large et $1 R_J$ de profondeur
(fingers) fortement localisés en bordure du tore d'Io**

Emissions cyclotron Maser pour modes de Bernstein



- . Modèle utilisé par Farrell et al. pour interpréter les émissions du tore d'Io par Cassini utilise indifféremment des source harmoniques à $F \sim (n+1/2) F_{ce}$ et $F \sim nF_{ce}$
- . Emissions à nF_{ce} jamais invoquées dans le cas terrestre (bandes interdites des modes de Bernstein)
- . Emissions $f \sim nF_{ce}$ deviennent possibles (conversion directe sur mode O) quand on prend en compte les effets relativistes (Willes & Robinson, 1997, Electron cyclotron maser for extraordinary Bernstein modes).

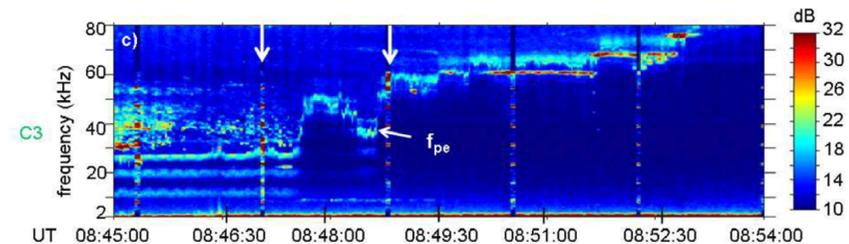
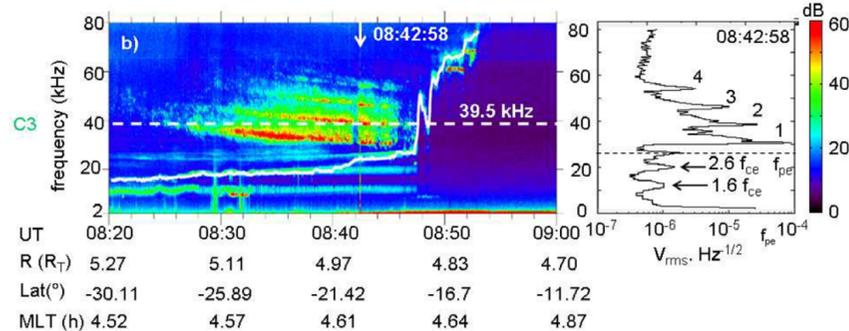
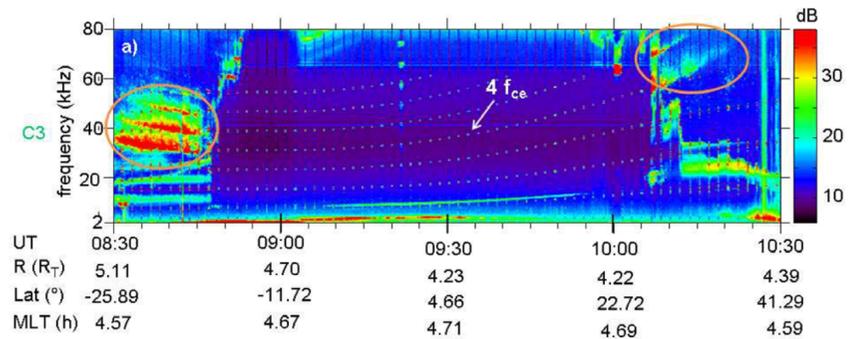
Mise en évidence d'émissions à $f \sim nF_{ce}$ Observées par Whisper sur Cluster



A11216

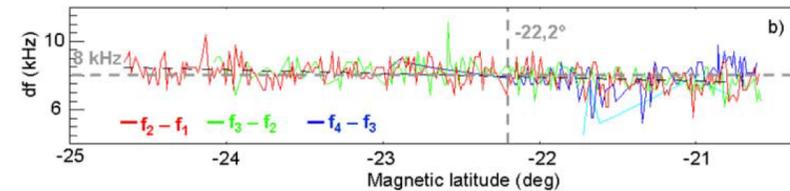
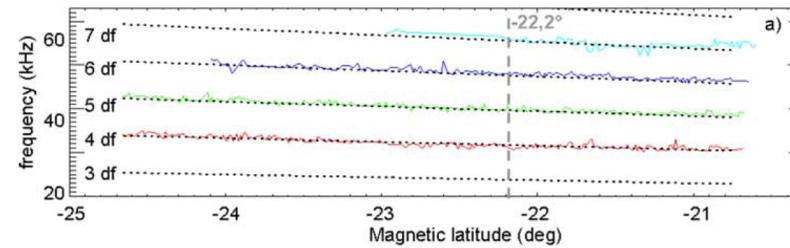
GRIMALD ET AL.: NTC MEDIUM-LATITUDE SOURCES

A11216



GRIMALD ET AL.: NTC MEDIUM-LATITUDE SOURCES

A11216

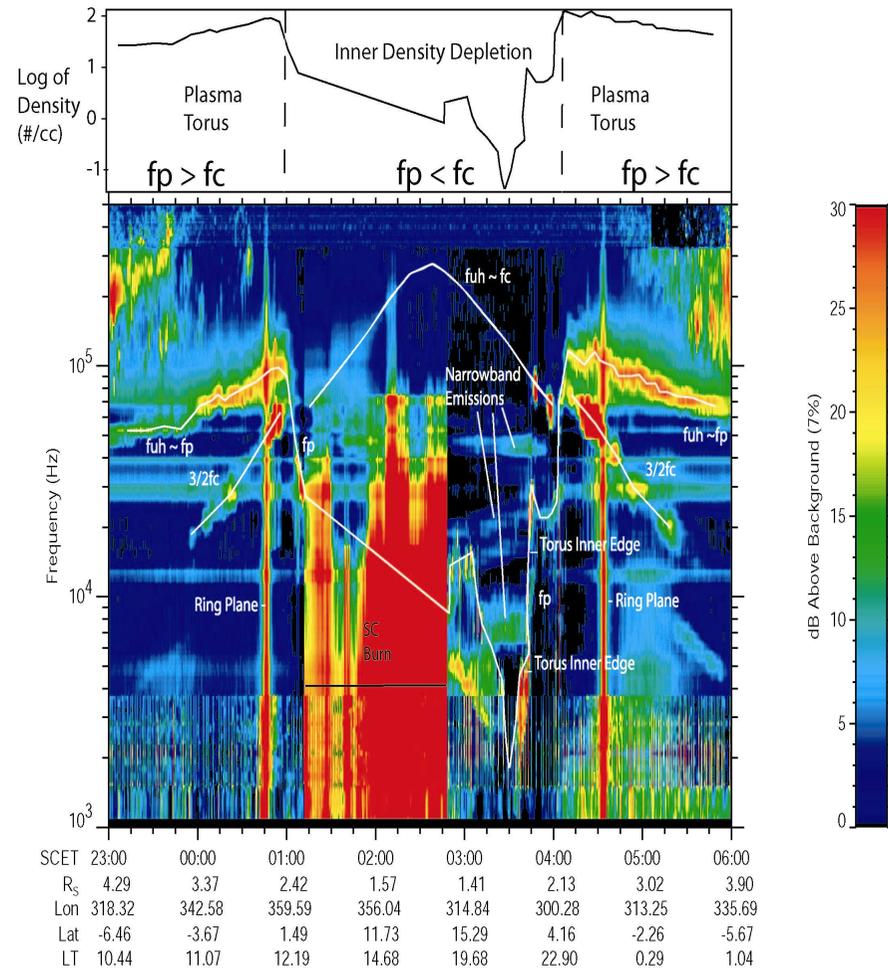


Grimald et al., 2008

Etude détaillée d'émissions bande étroite observées par Cluster (Grimald et al., 2008)

Emissions strictement harmoniques du fondamental ($F \sim nF_{ce}$) et non des $(n+1/2) F_{ce}$

Emissions bandes étroites observées à Saturne pendant l'insertion en orbite (2004)

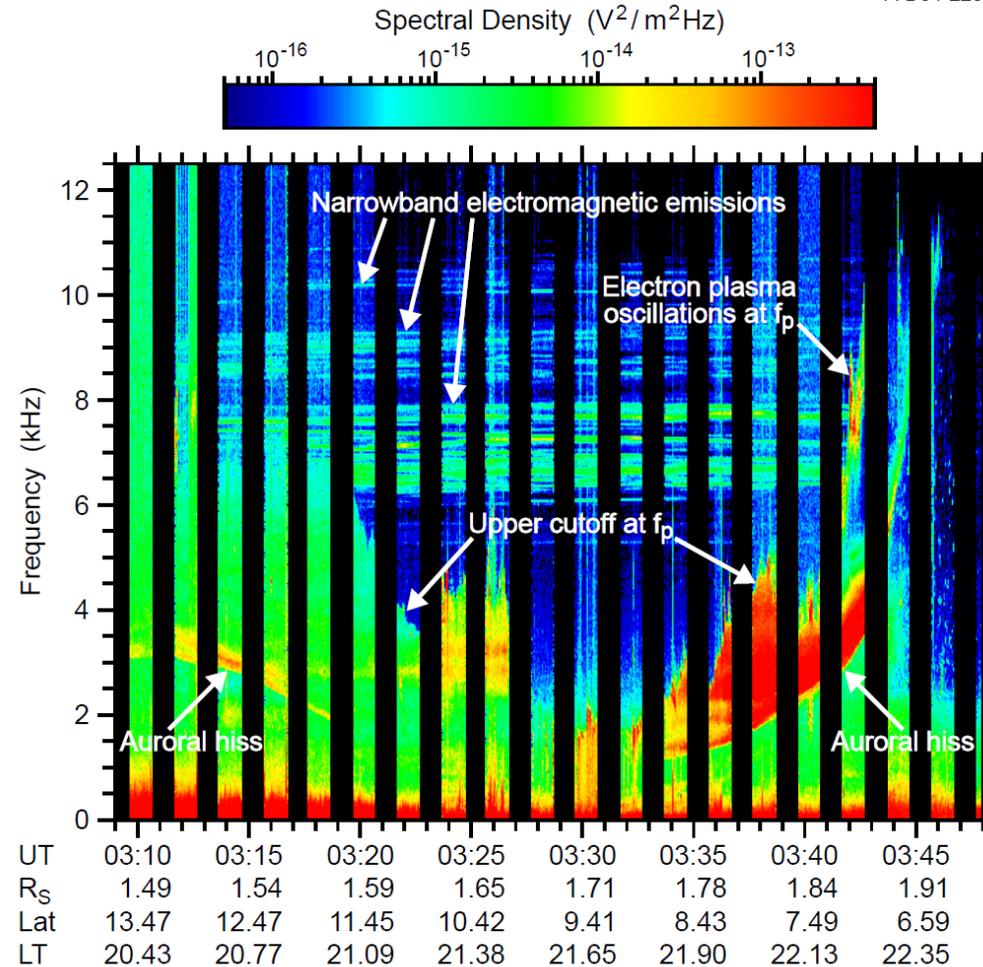


Ulowa 20040701

Spectres haute résolution dans la cavité Existence d'émissions bande étroites piégées

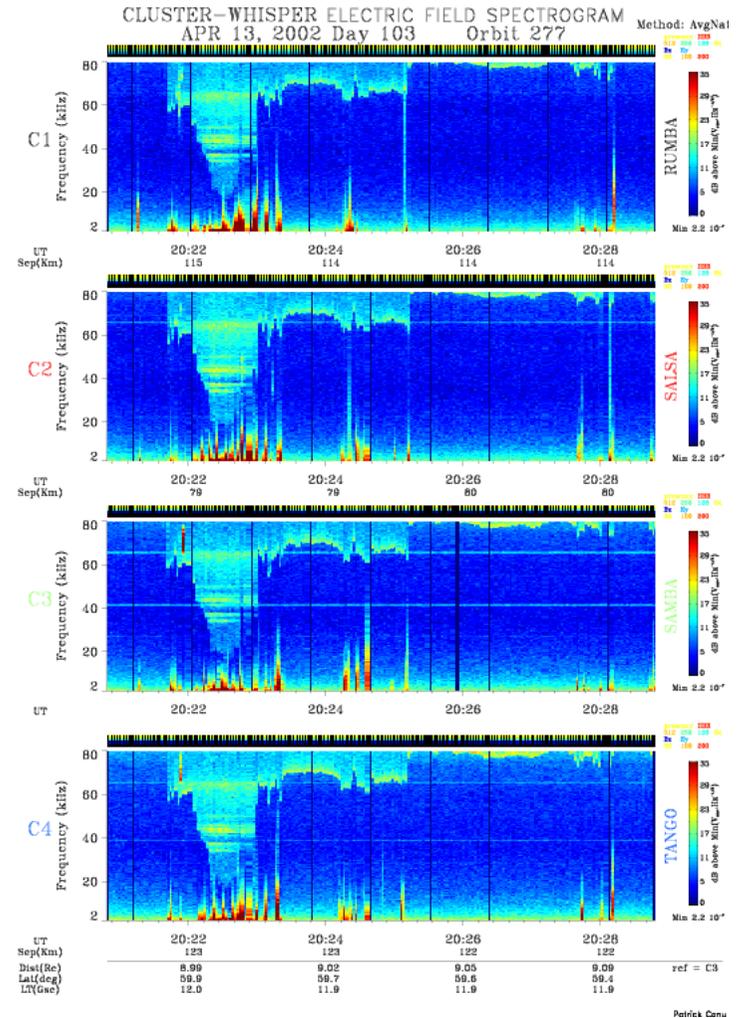
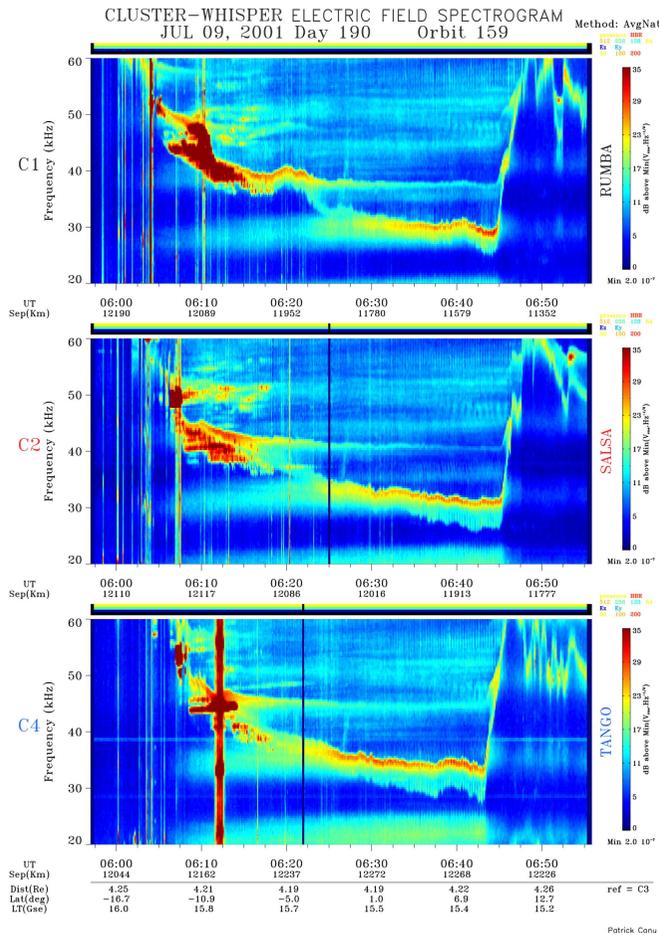


A-D04-220-2

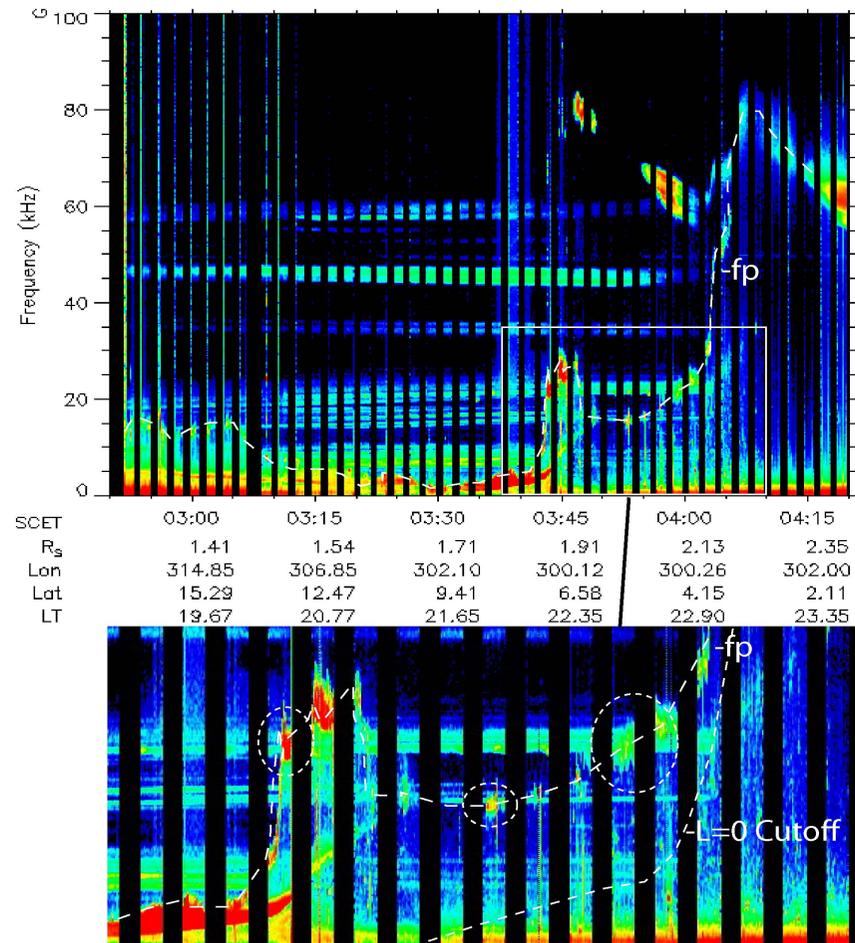


July 1, Day 183, 2004

Exemples d'émissions bandes étroites piégées observées par Cluster



Emissions bandes étroites piégées (détails)



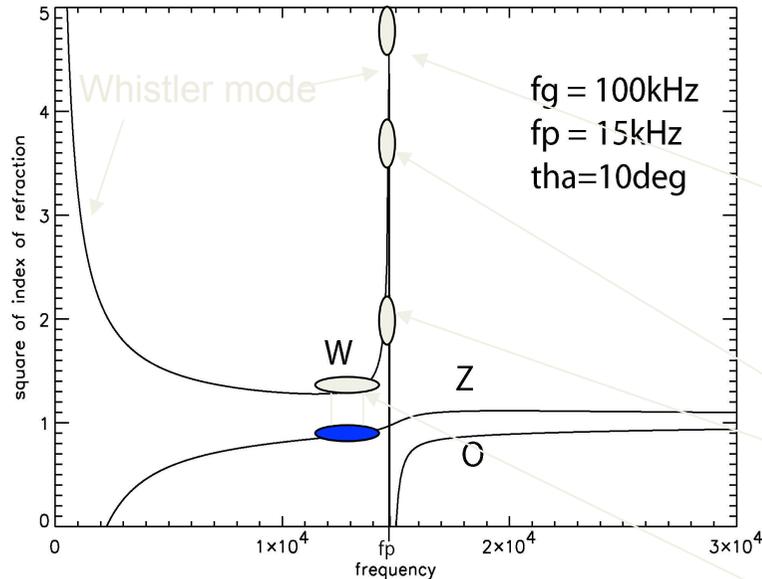
Particularités des émissions observées par Cassini



Non répertoriées dans le cas terrestre

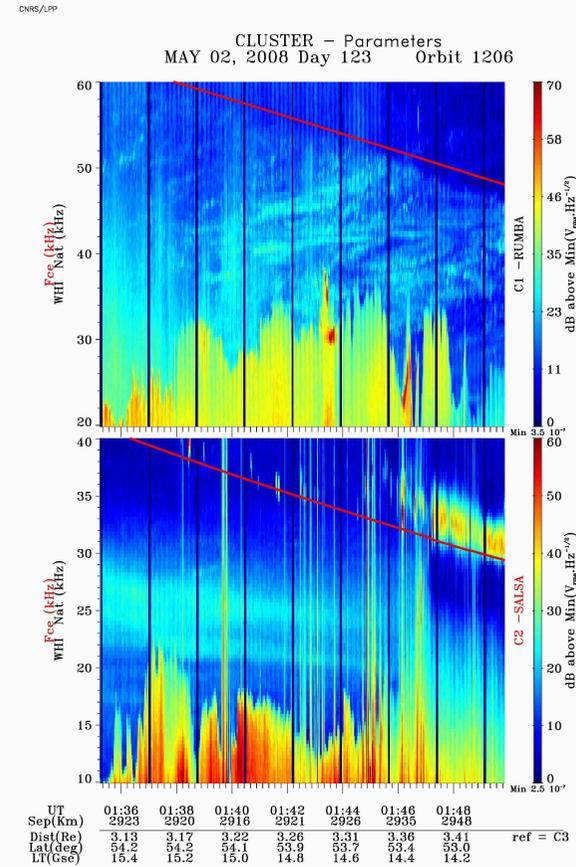
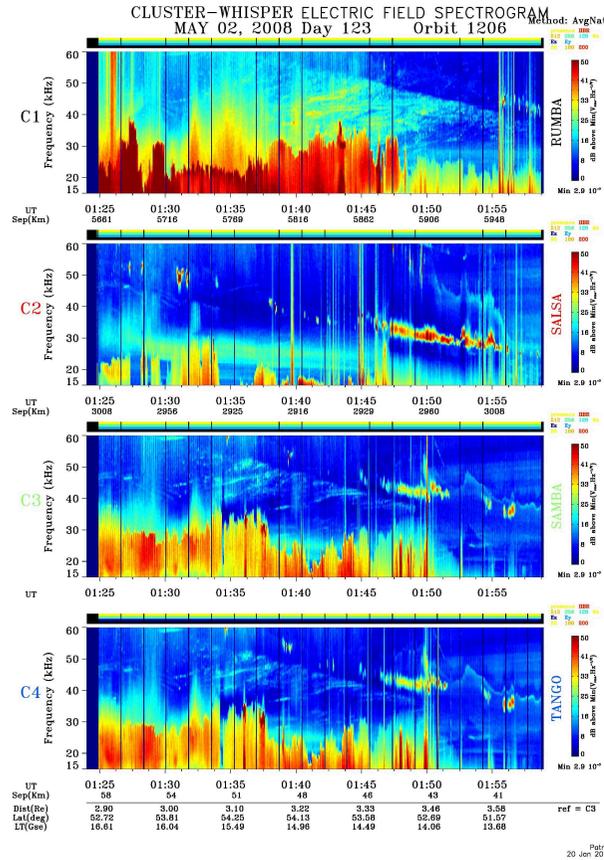
- Observations de bandes multiples dans le **cas terrestre** sont interprétées par $f \sim (n + 1/2)F_{ce}$ ou nF_{ce} quand $F_p > F_c$
- Les observations de Cassini dans la cavité liée aux **anneaux de Saturne** sont avec $f_p \ll F_c$
- Observations uniques jusqu'à présent, le périhélie de Cassini n'ayant plus approché celui de l'OI
- **Pas d'observations similaires identifiées auparavant dans le cas terrestre**

How are NB Z-mode Emissions Created?



- We examine connection between f_p intensifications and z-mode
- How can electrostatic emissions near f_p connect to z-mode? Possibly through the whistler mode....
- Electrostatic emissions near f_p lie essentially at the whistler-mode resonance
- But if these emissions propagate into higher densities (or if the local f_p slowly becomes larger), these emissions will migrate down the W (whistler) branch
- At the minimum in the W branch, located at frequencies just below f_p , the W and Z branches lie in proximity, both modes have comparable n values, thus allowing mode conversion
- In essence, as the intense f_p emission propagates into increasing density, it transforms from an electrostatic emission to electromagnetic emission

Narrow-band $F < F_c$ observées par Cluster



En recherchant dans les données Cluster des observations obtenues avec des paramètres similaires ($F_p < F < F_c$) on identifie des émissions bandes étroites similaires qu'on peut étudier en haute résolution

Résumé



- Rayonnement EM bande étroite observée avec une grande variété de signatures (DDR nomenclature G. Belmont)
- Chacune peut (doit) nous fournir ses informations sur ses régions sources, leur dynamique et les mécanismes qui en sont à l'origine
- Les observations dans les milieux différents que constituent les magnétosphères planétaires sont une source importante de découvertes et de compréhension de ces émissions et de ce qu'elles peuvent apporter.
- Les mesures attendues de Juno, Juice, (Bepi-Colombo ?) et la poursuite des études des observations, de Cluster, Cassini ... continueront à apporter leurs lots de découvertes