

Études des données magnétiques, ionosphériques au Vietnam

Dr. Minh LE HUY

Directeur de Recherche

INSTITUT DE GÉOPHYSIQUES
ACADEMIE DES SCIENCES ET DES
TECHNOLOGIES DU VIETNAM

Ihminhigp@gmail.com, Ihminh@igp.vast.vn

Conakry, Octobre 2024

PLAN

- Observatoires magnétiques et ionosphériques au Vietnam
- Quelques résultats d'étude du champ magnétique de basses latitudes
- Quelques résultats d'étude ionosphérique au Vietnam

4 Observatoires magnétiques:

Sapa (1958)

Phu Thuy (1968),
Da Lat (1982)

Intermagnet depuis
1993 (Phu Thuy),
2002 (Dalat)

Intermagnet.org/data-donnee/download-eng.php

Bac Lieu (1985)

2 Ionosondes:
Phu Thuy (1962)

Bac Lieu (2006) (ENRI, Japan)

http://wdc.nict.go.jp/ionog/js_viewer/js_03_ms.html

Geographic latitude (deg)

20

15

10

5

CHINA

LAOS

THAILAND

VIETNAM

CAMPUCHIA

DALAT
Mag.

BAC LIEU
(Mag., Ionosonde)

Magnetic equator

MALAYSIA

INDONESIA

95

100

105

110

115

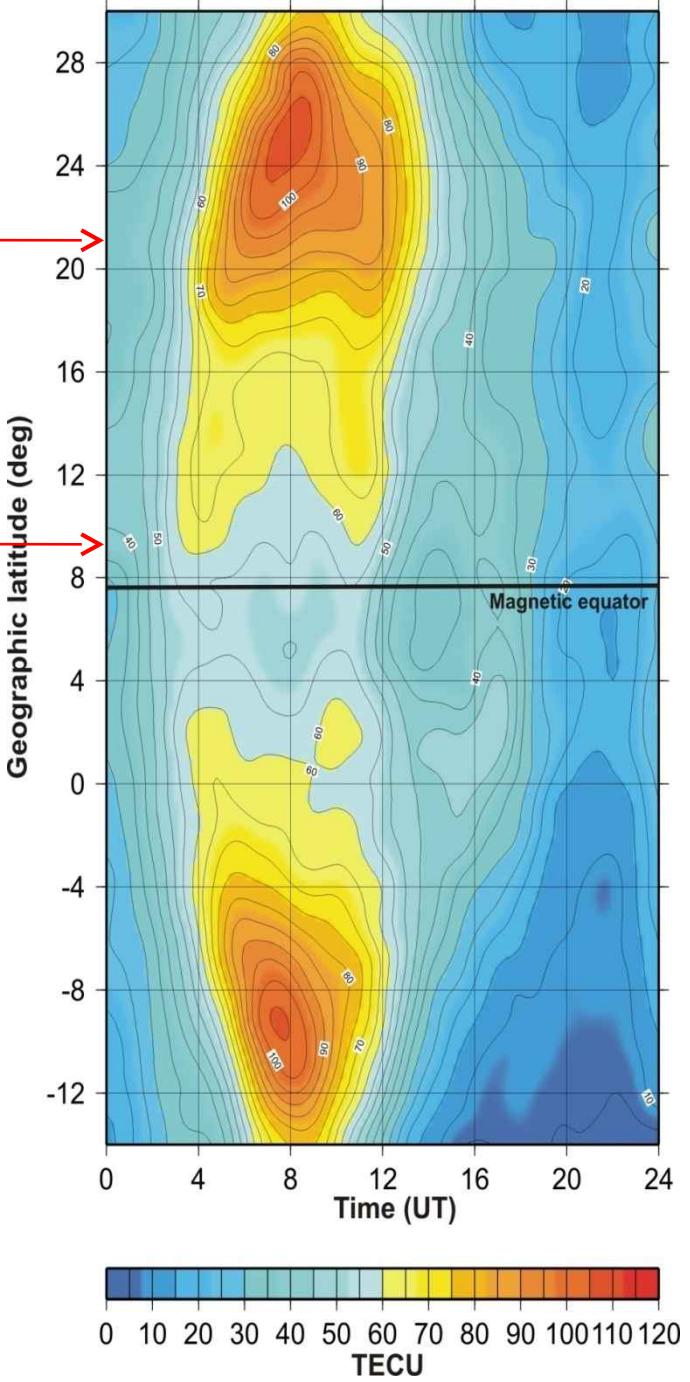
Geographic latitude (deg)

Equatorial Ionization Anomaly (EIA)

L'anomalie d'ionisation équatoriale dans l'Asie du Sud-Est

Phu Thuy

Bac Lieu



Observatoire magnétique Sapa, Vietnam



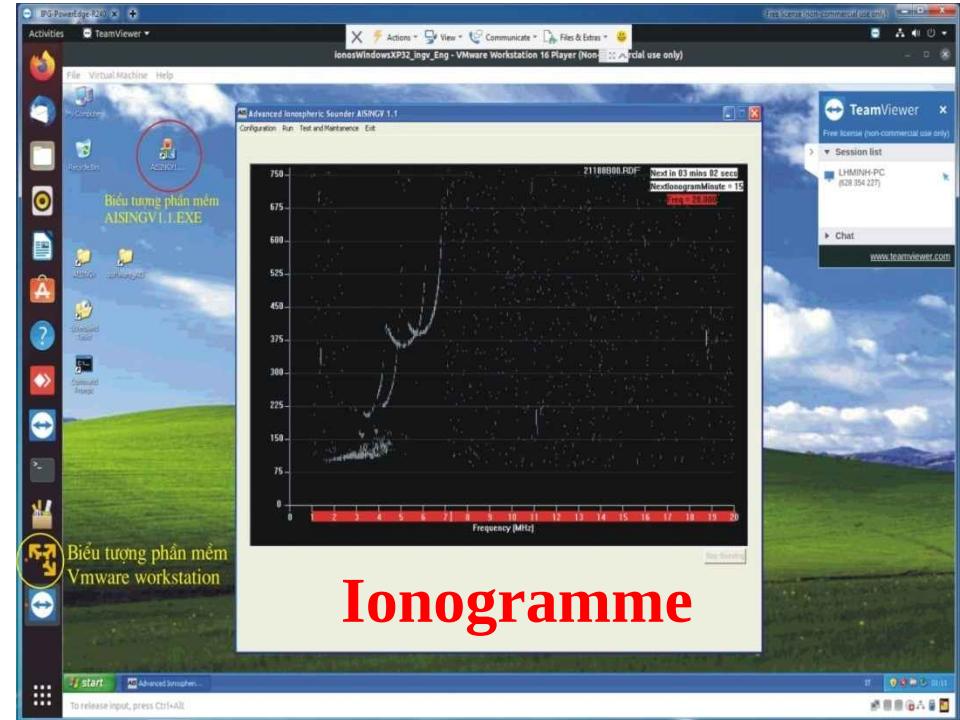
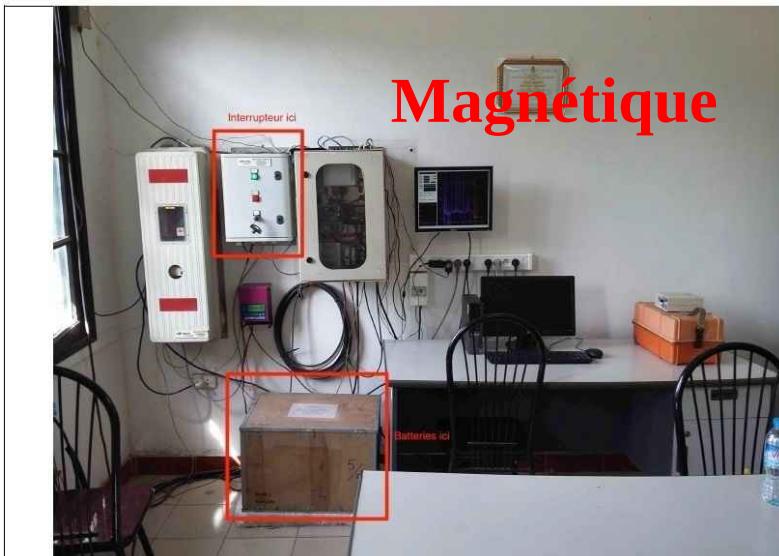
Depuis 1958 (International Geophysical Year)

Observatoire Phu Thuy, Hanoi (Magnétique + Ionosphérique)

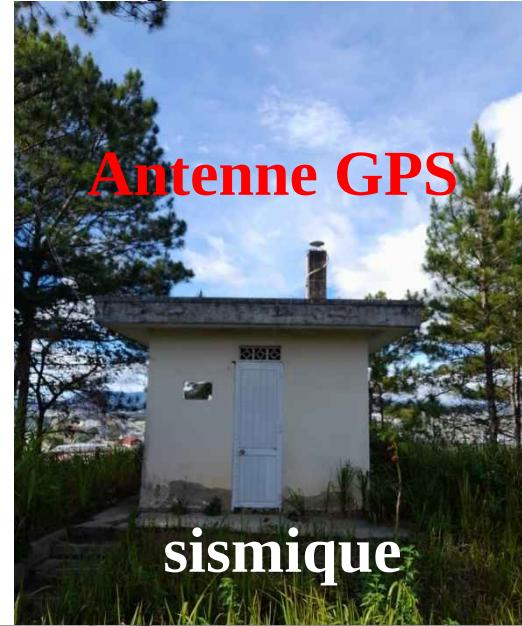


Depuis 1962

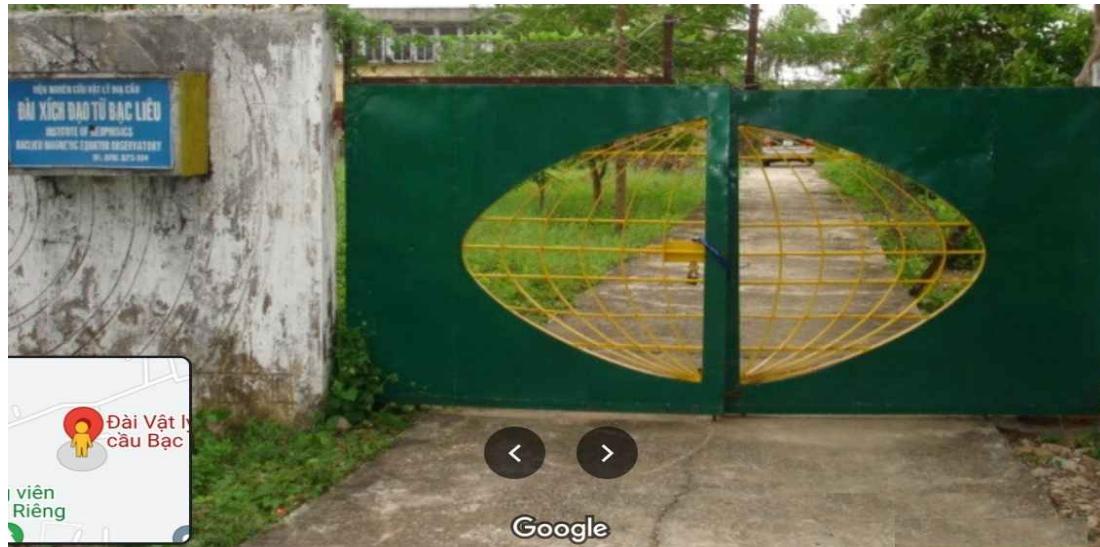
Observatoire Phu Thuy



Observatoire Dalat, depuis 1982



Observatoire magnétique équatorial Bac Lieu, depuis 1985



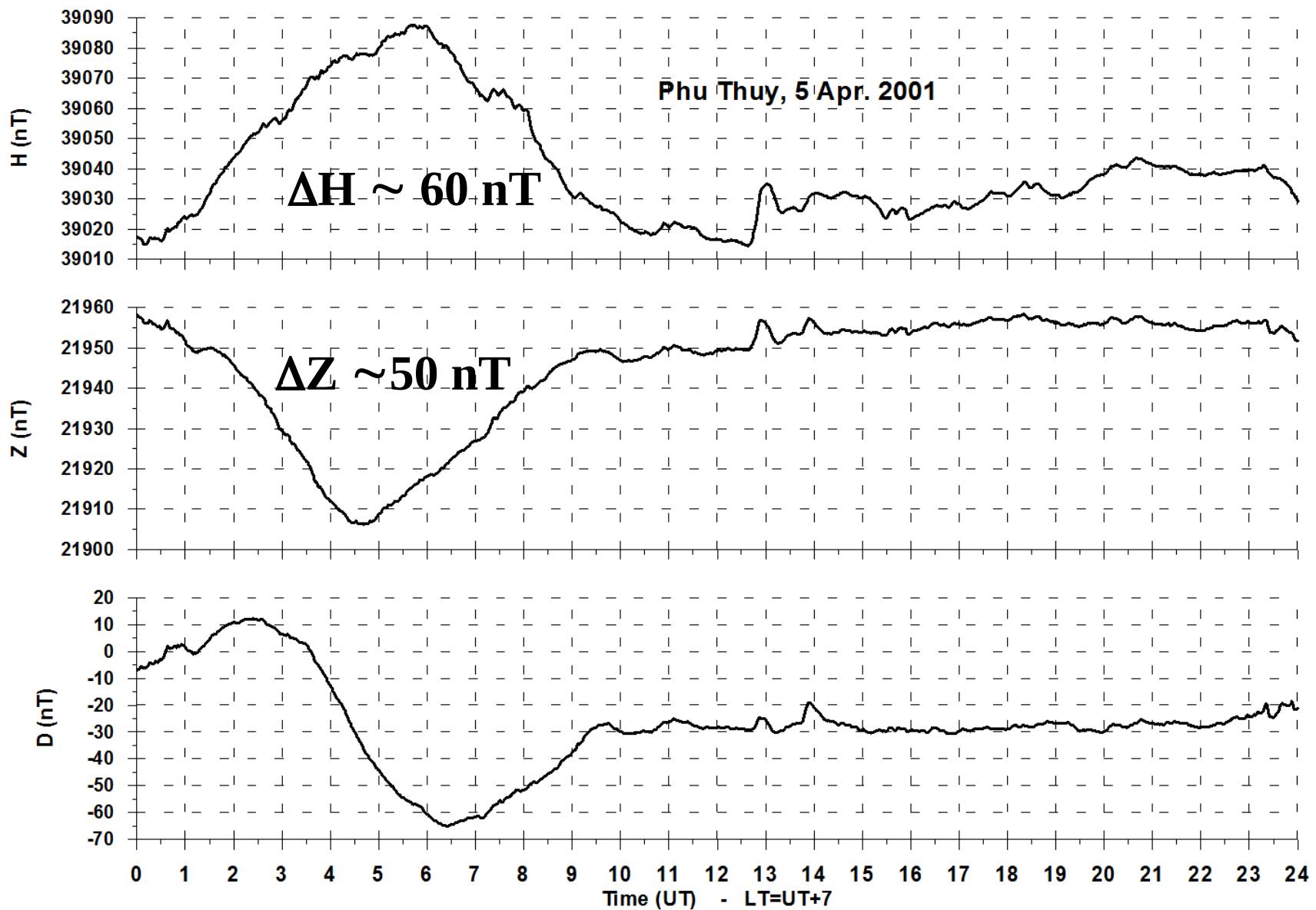
Ionosonde



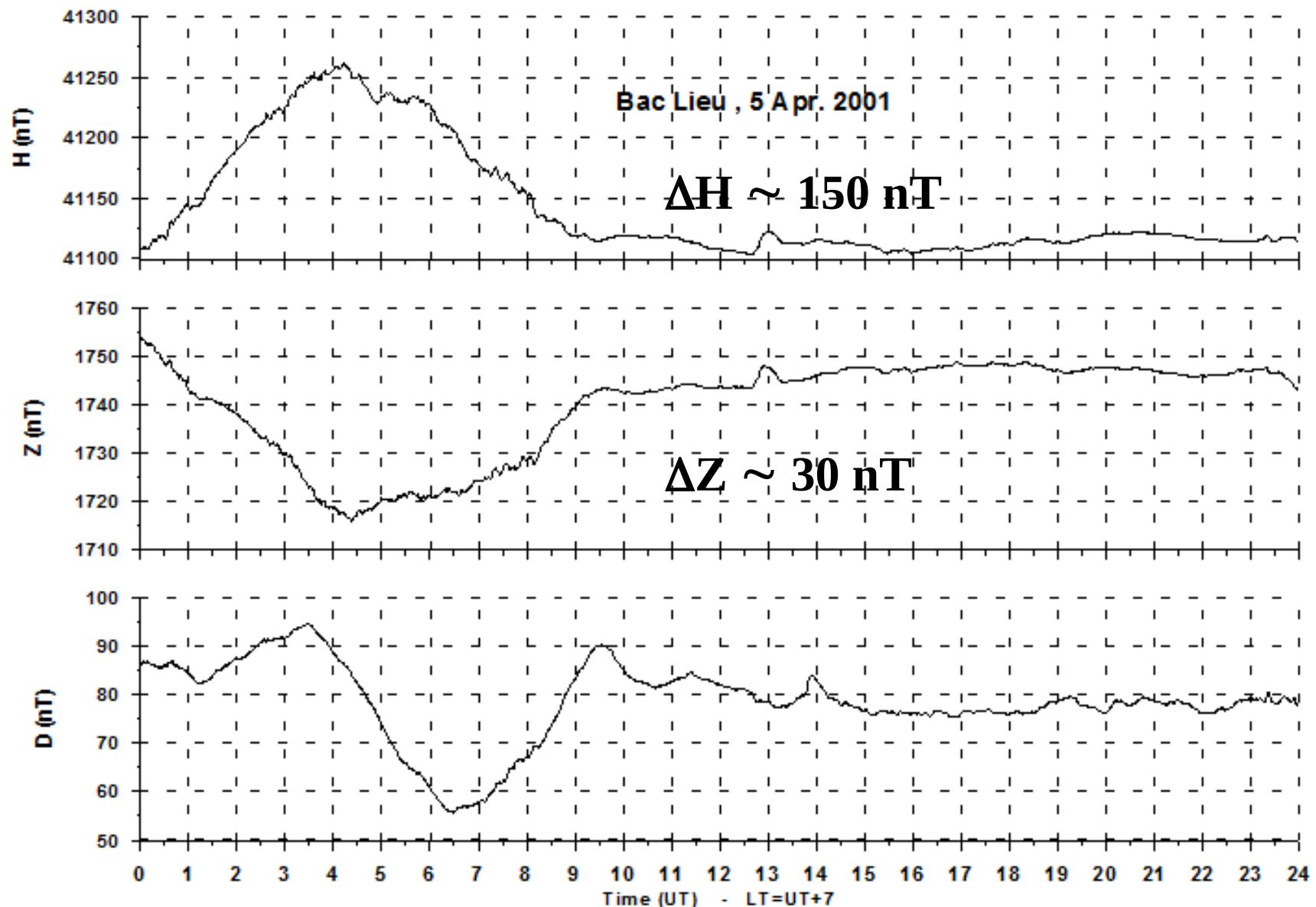
GPS

Etudes de données magnétiques

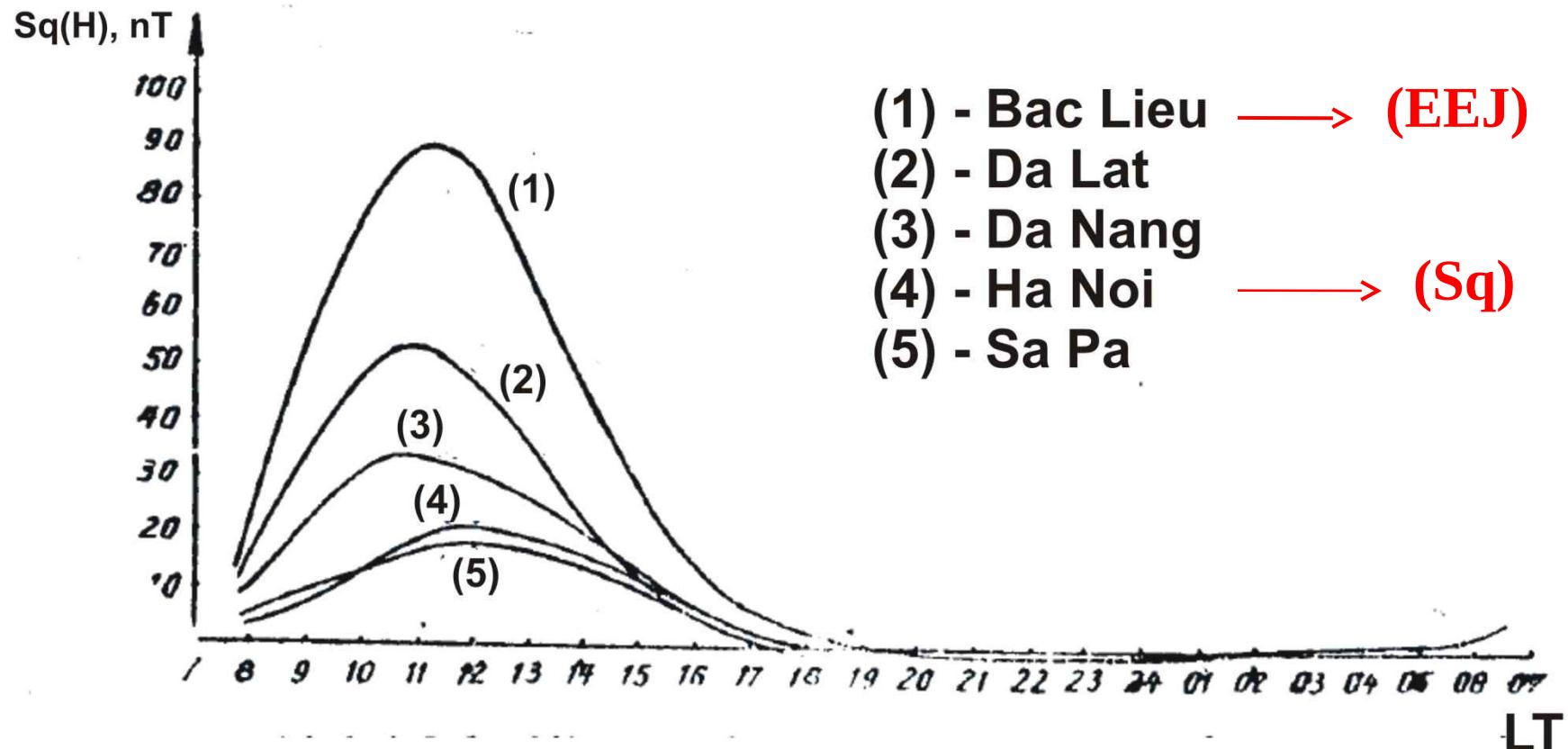
Magnétogramme, Phu Thuy, 5 avril, 2001



Magnétogramme, Bac Lieu, 5 avril 2001

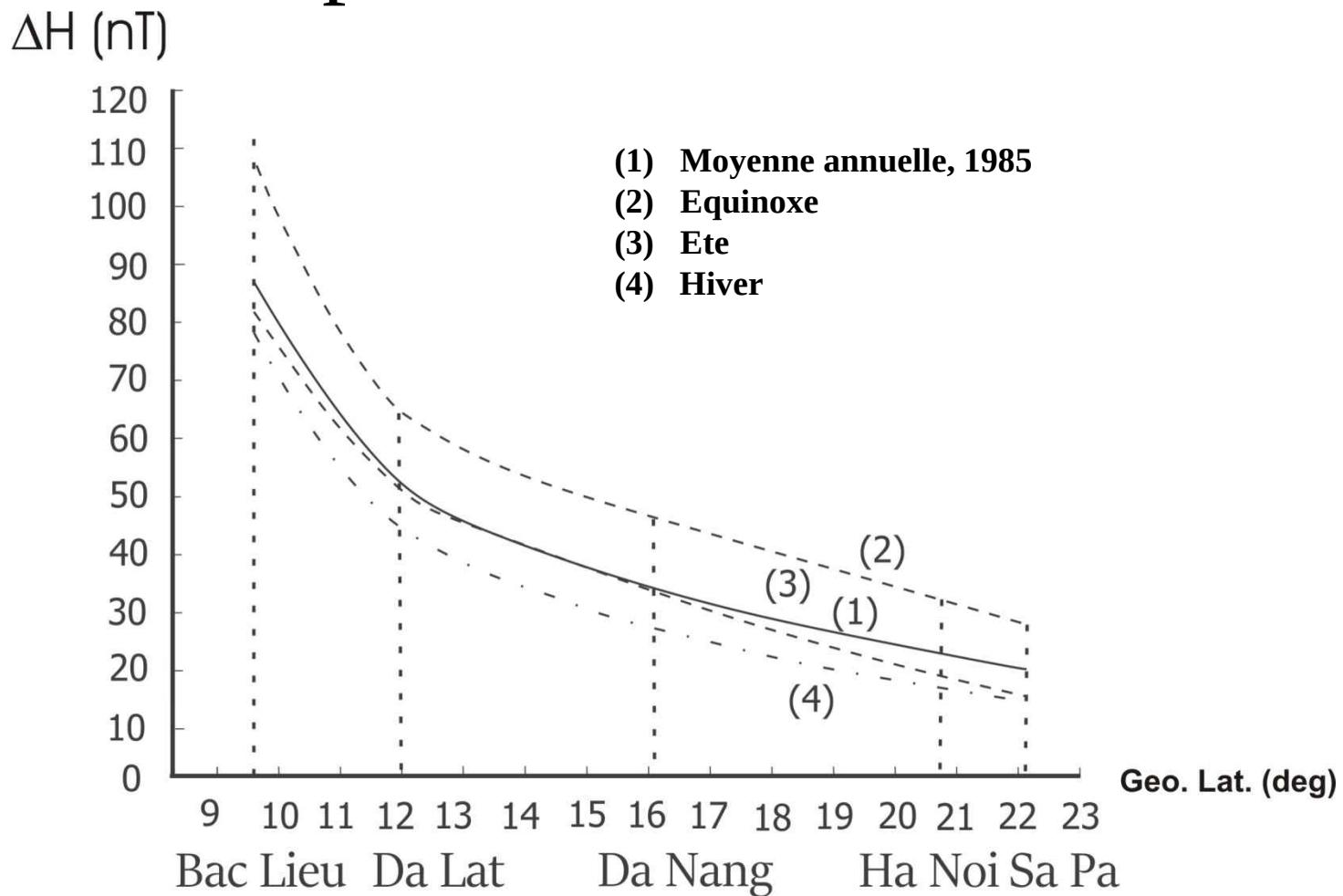


Variation magnétique de jour calme magnétique



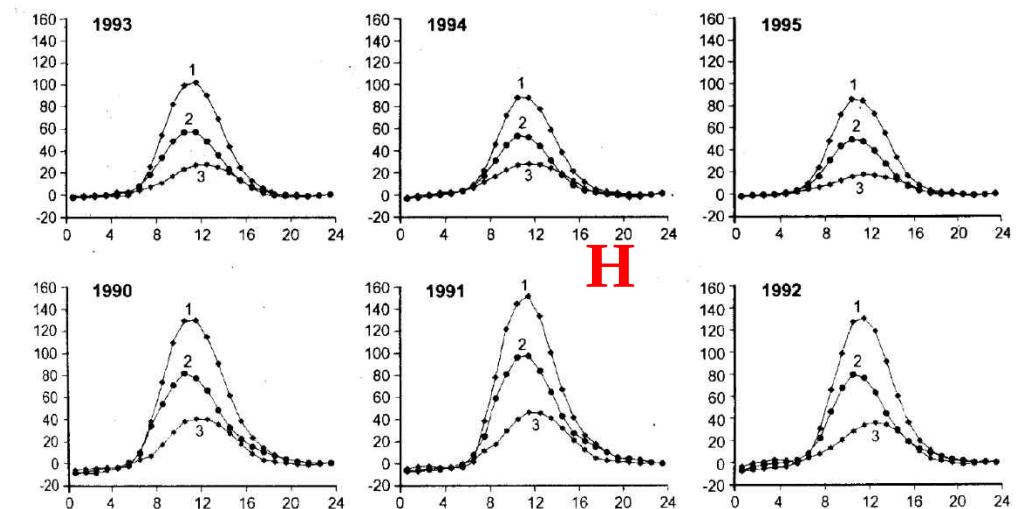
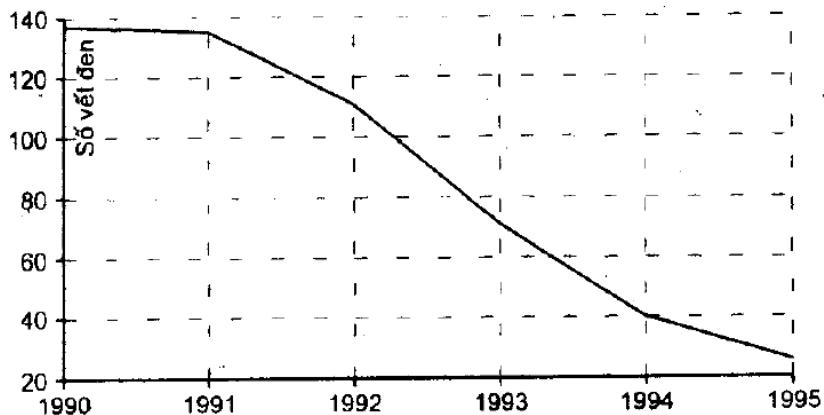
Moyenne annuelle de $Sq(H)$ dans les observatoires magnétiques au Vietnam en 1985

L'amplitude de la variation diurne ΔH dépend de la latitude



ΔH à Balieu (près de l'EM) est quelques fois plus grand que ΔH à Sapa

Variation magnétique des jours calmes, 1990-1995

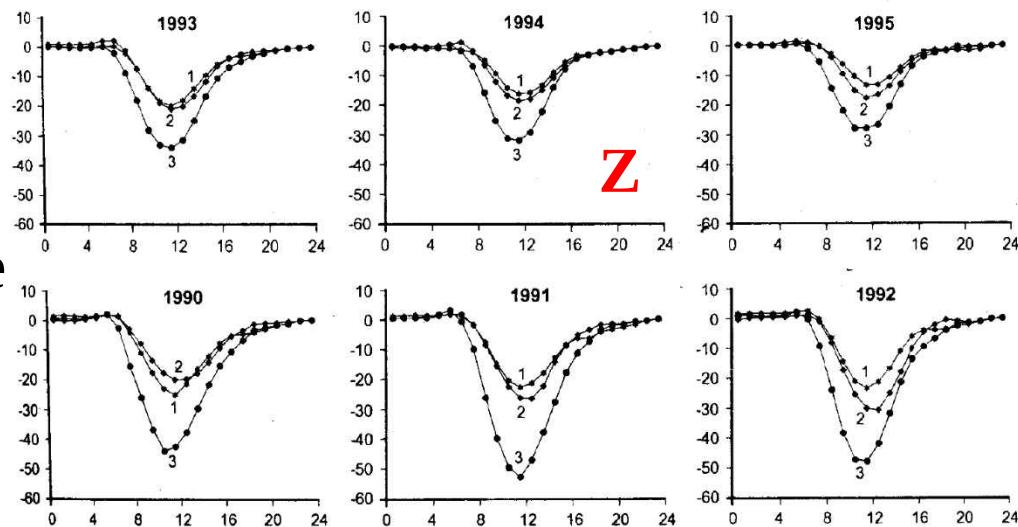


1 – Bac Lieu

2 – Da Lat

3 – Sa Pa

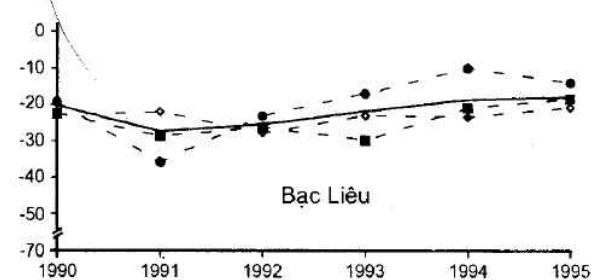
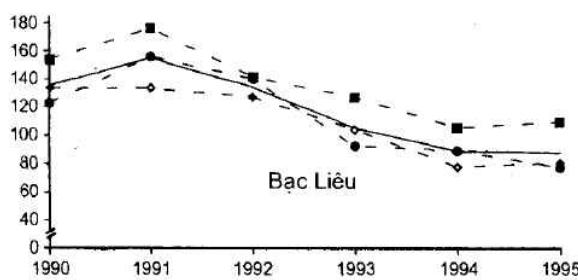
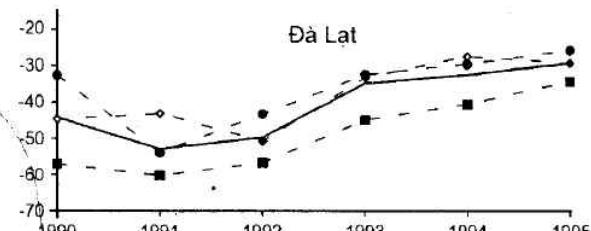
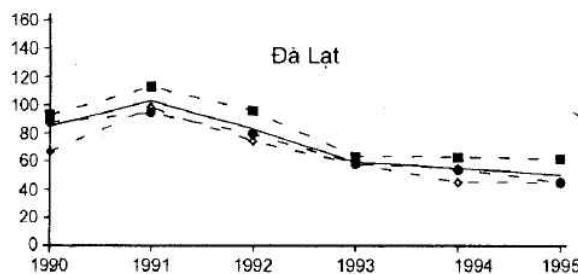
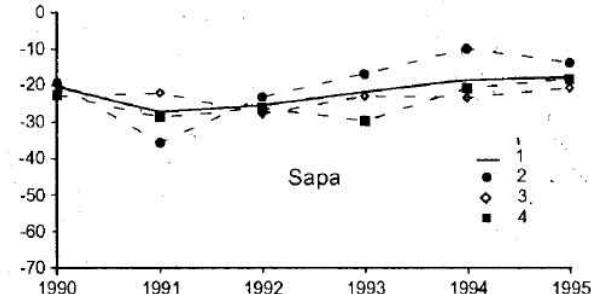
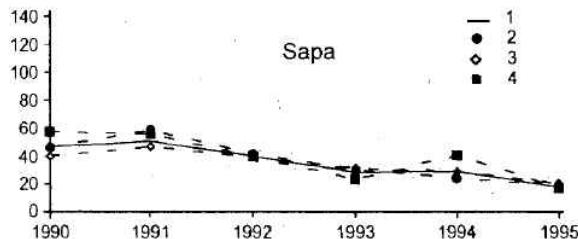
L'amplitude de variation diurne dépend de l'activité solaire.



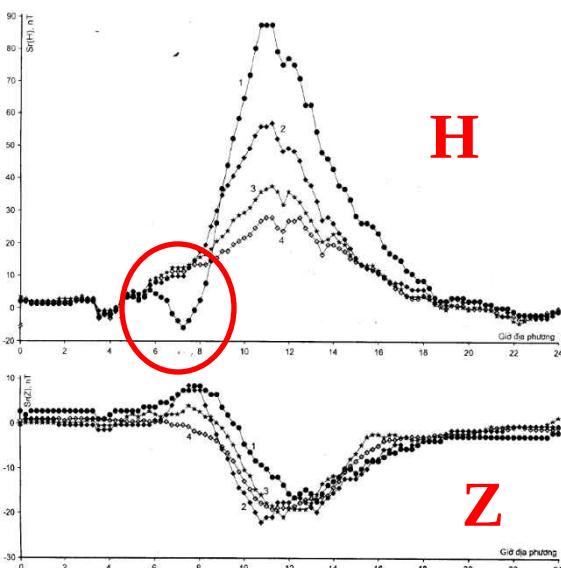
Variation magnétique de jour calme, 1990-1995

- 1 – Moyenne annuelle
- 2 – Solstice d'été
- 3 – Solstice d'hiver
- 4 – Équinoxe

Variation saisonnière:
maximum durant
les équinoxes

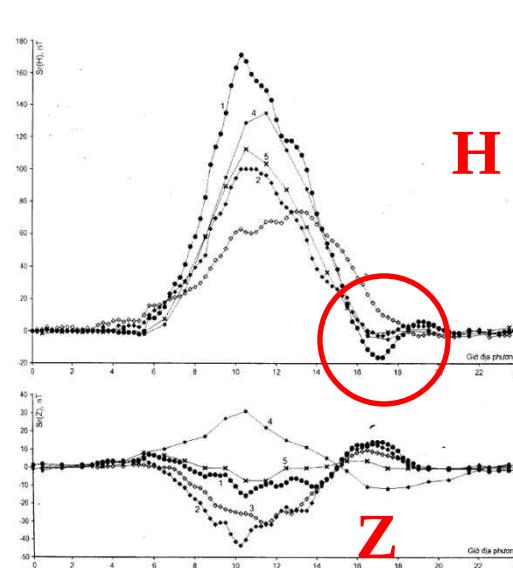


Counter Electrojet (CEJ)

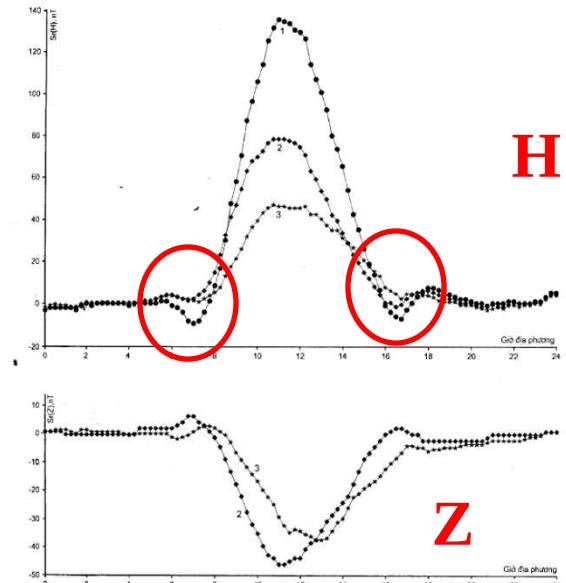


CEJ le matin

ΔH (Bac lieu) < 0
de 0600-0700TL
et 1500-1700TL

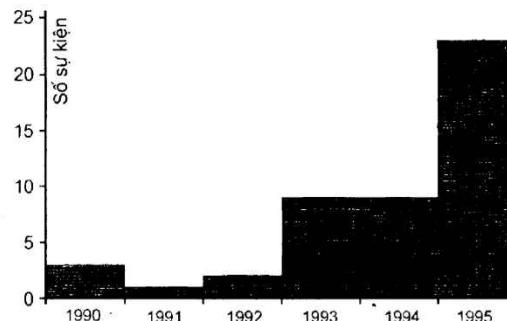


CEJ l'après-midi



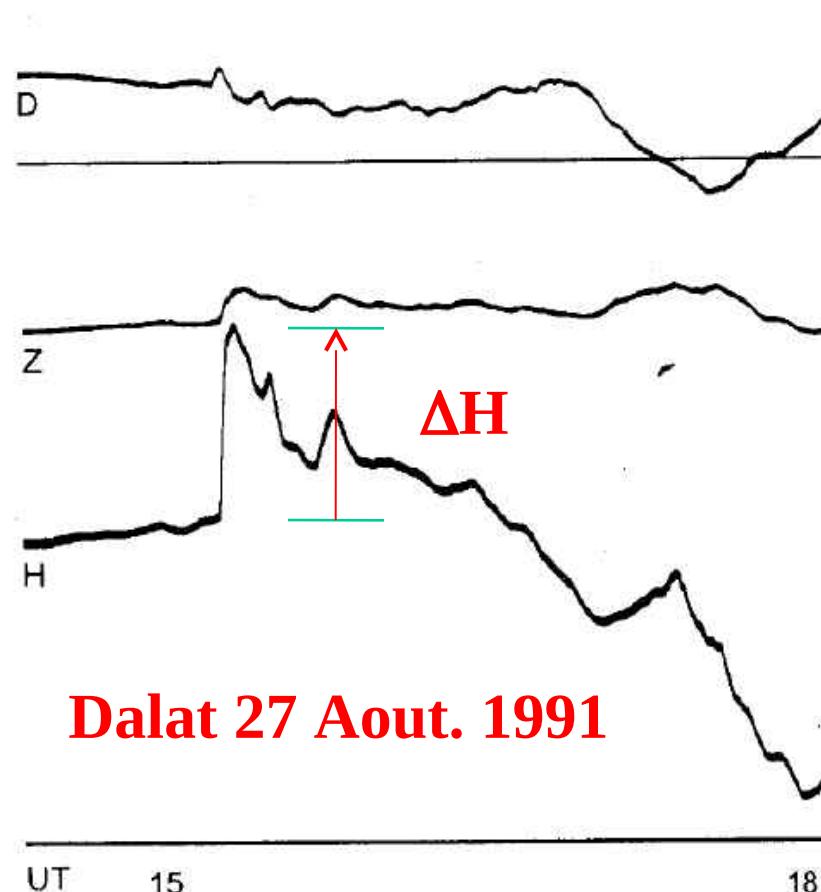
CEJ le matin et l'après-midi

CEJ se produit principalement pendant les périodes de faible activité solaire



Comparé aux résultats observés par Doumouya et al. (1997), le CEJ observé au Vietnam est très faible (données: Nov. 1992-Nov. 1994).

Impulsion de commencement soudain (SSC) d'un l'orage magnétique sur la composante horizontale (ΔH)

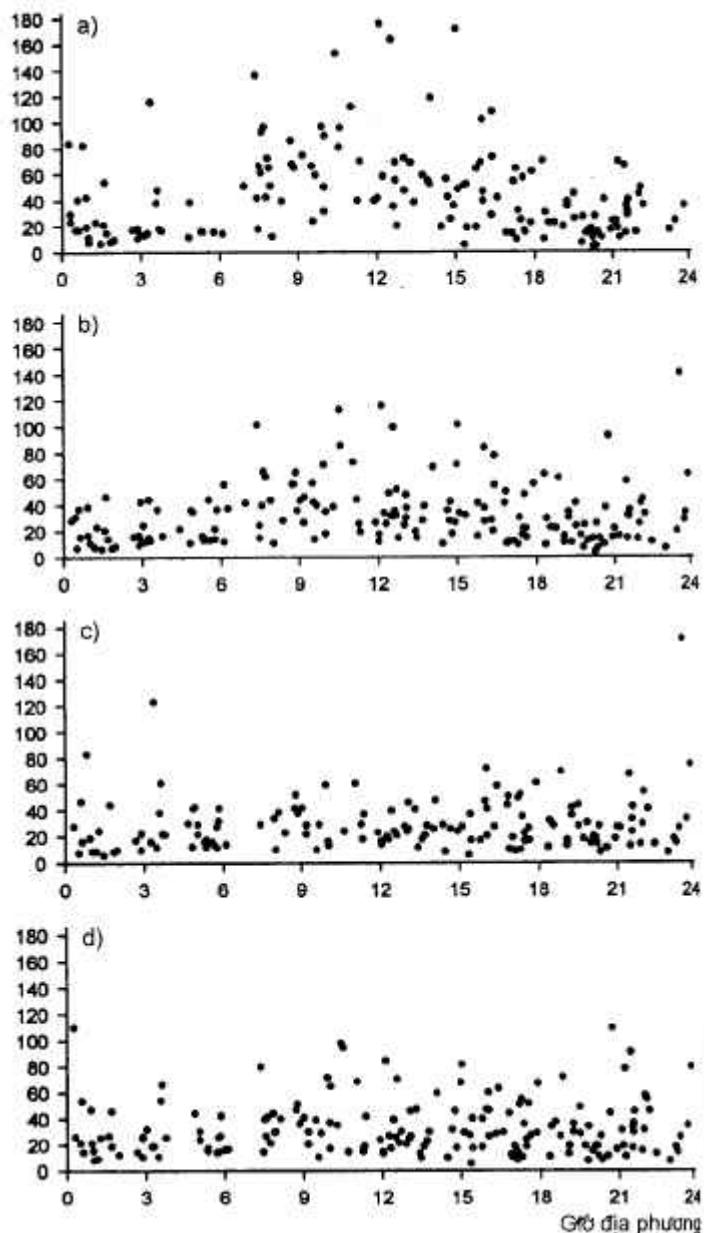


Dalat 27 Aout. 1991

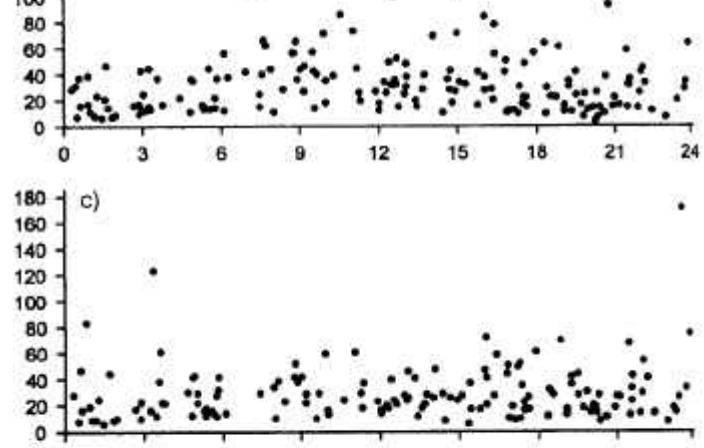
Hình 1a. Bão SC+ tiêu biểu quan sát được tại
Đà Lạt (15h15 UT) ngày 27-8-1991

ΔH observé aux différentes stations période 1988-1997

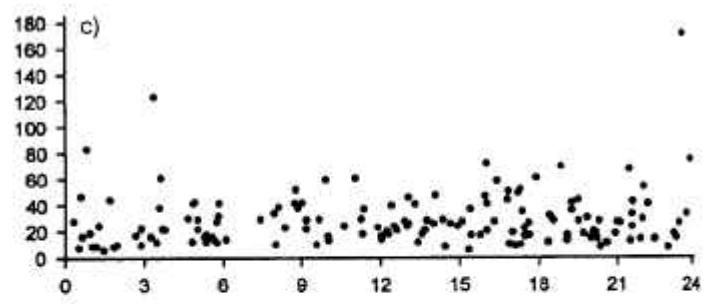
Bac Lieu



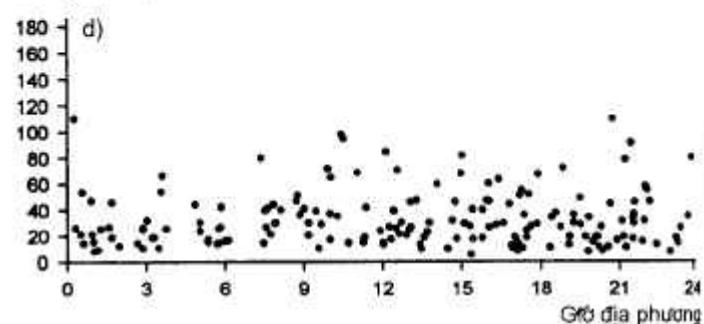
Da Lat



Phu Thuy



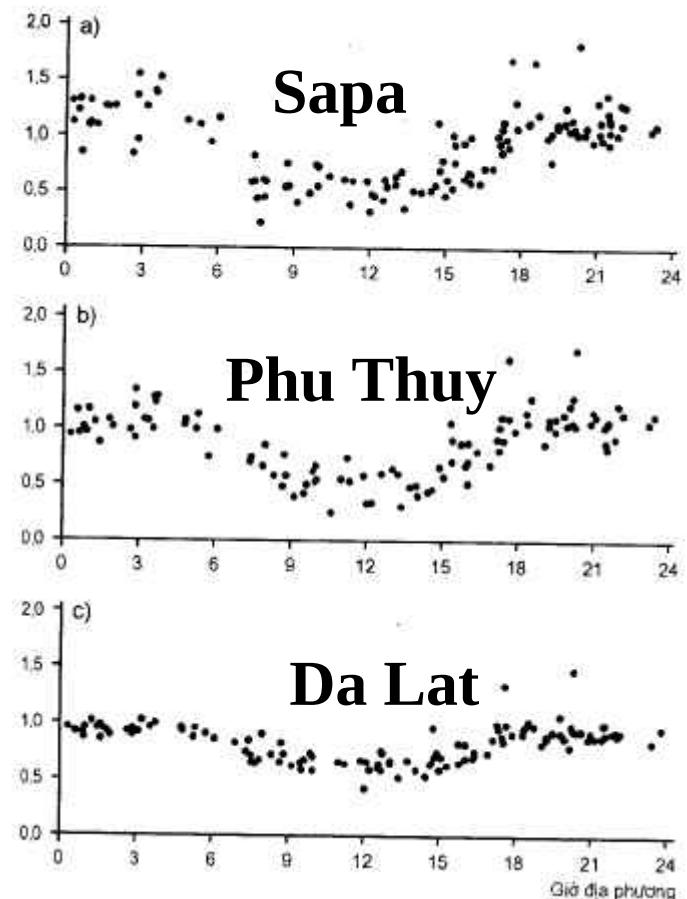
Sapa



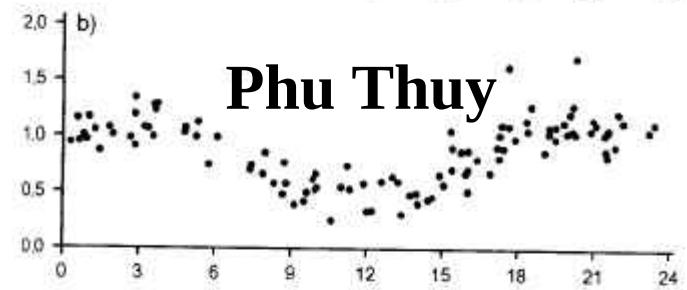
Temps local

$\Delta H/\Delta H_{BL}$

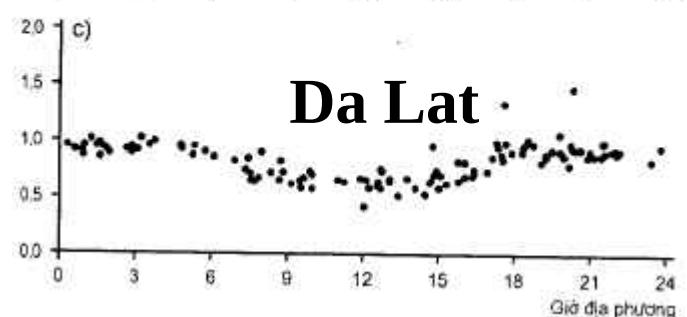
Sapa



Phu Thuy

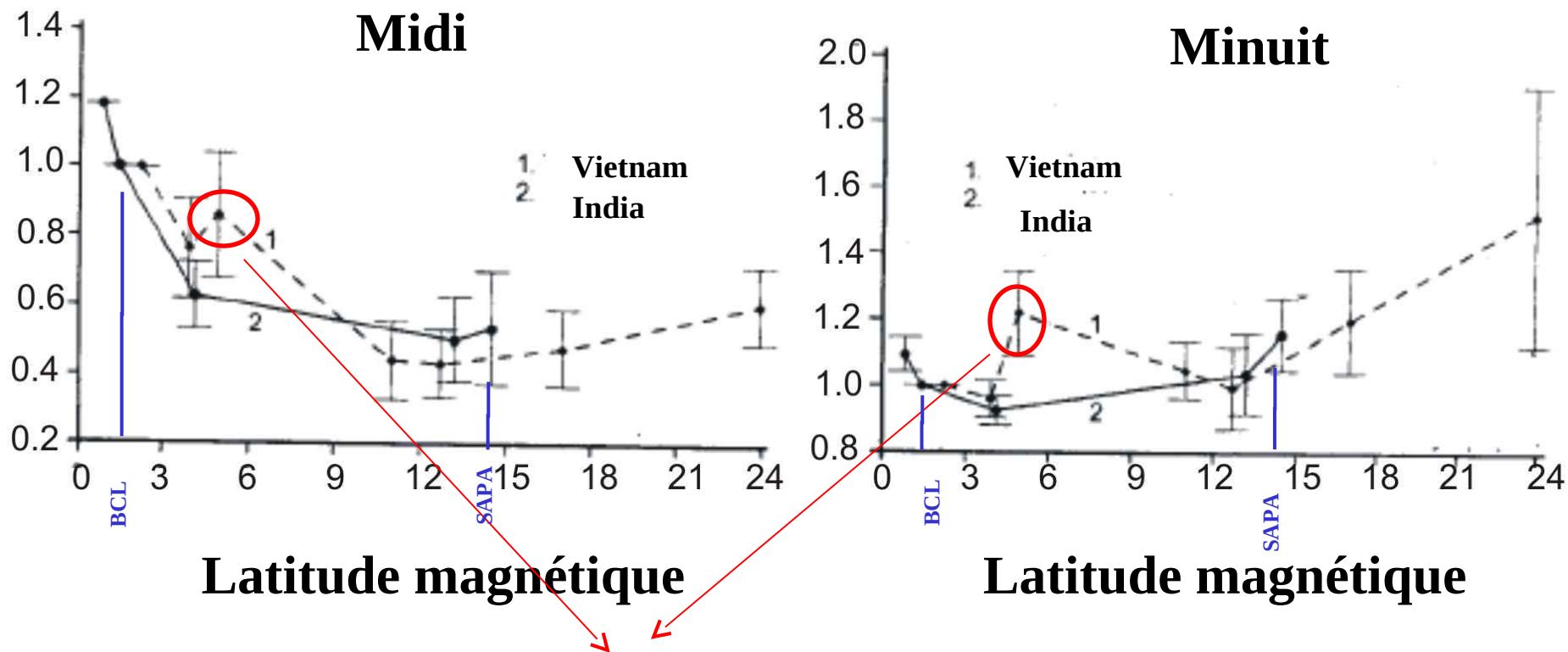


Da Lat



Temps local

Variation latitudinale magnétique de $\Delta H/\Delta H$ (BL)
moyenne autour de midi (1000-1400TL) et autour de minuit (2100-0300TL)
($\Delta H/\Delta H$ (Trivandrum) pour l'Inde)

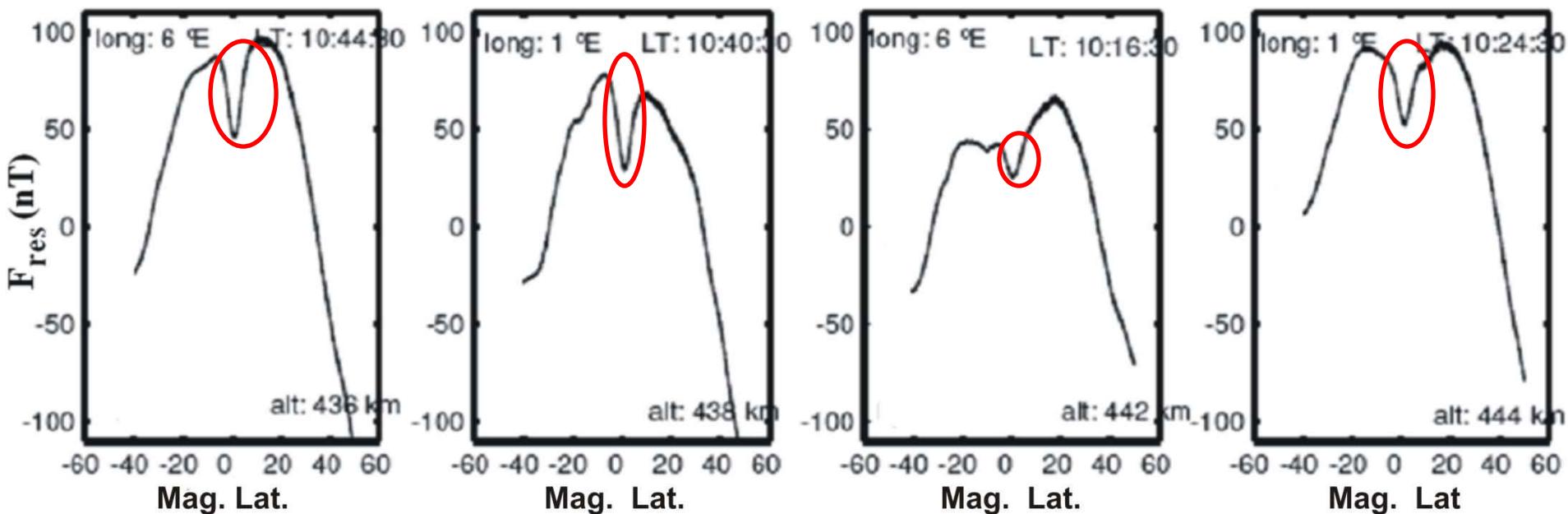


En excluant la station Annamalainagar, la variation latitudinale de ΔH a la même forme dans les deux régions. Pendant la journée, ΔH dans la région indienne diminue plus rapidement.

Publications

- Truong Quang Hao and Le Huy Minh, **1987**. Some characteristics of the geomagnetic variations in Vietnam, *J. Sciences of the Earth* (in Vietnamese), 9(1), 7-13.
- Le Huy Minh, **1998**. Diurnal geomagnetic variation in Vietnam and counter-electrojet, *J. Sciences of the Earth* (in Vietnamese), 20(3), 189-1999.
- Le Huy Minh, **1999**. Sudden commencements of magnetic storms observed in Vietnam and in India, *J. Sciences of the Earth* (in Vietnamese), 21(1), 14-25.
- H. Pham Thi Thu, C. Amory-Mazaudier, M. Le Huy, **2011**. Sq field characteristics at Phu Thuy, Vietnam, during solar cycle 23: comparisons with Sq field in other longitude sectors, *Ann. Geophys.*, 29, 1-17.

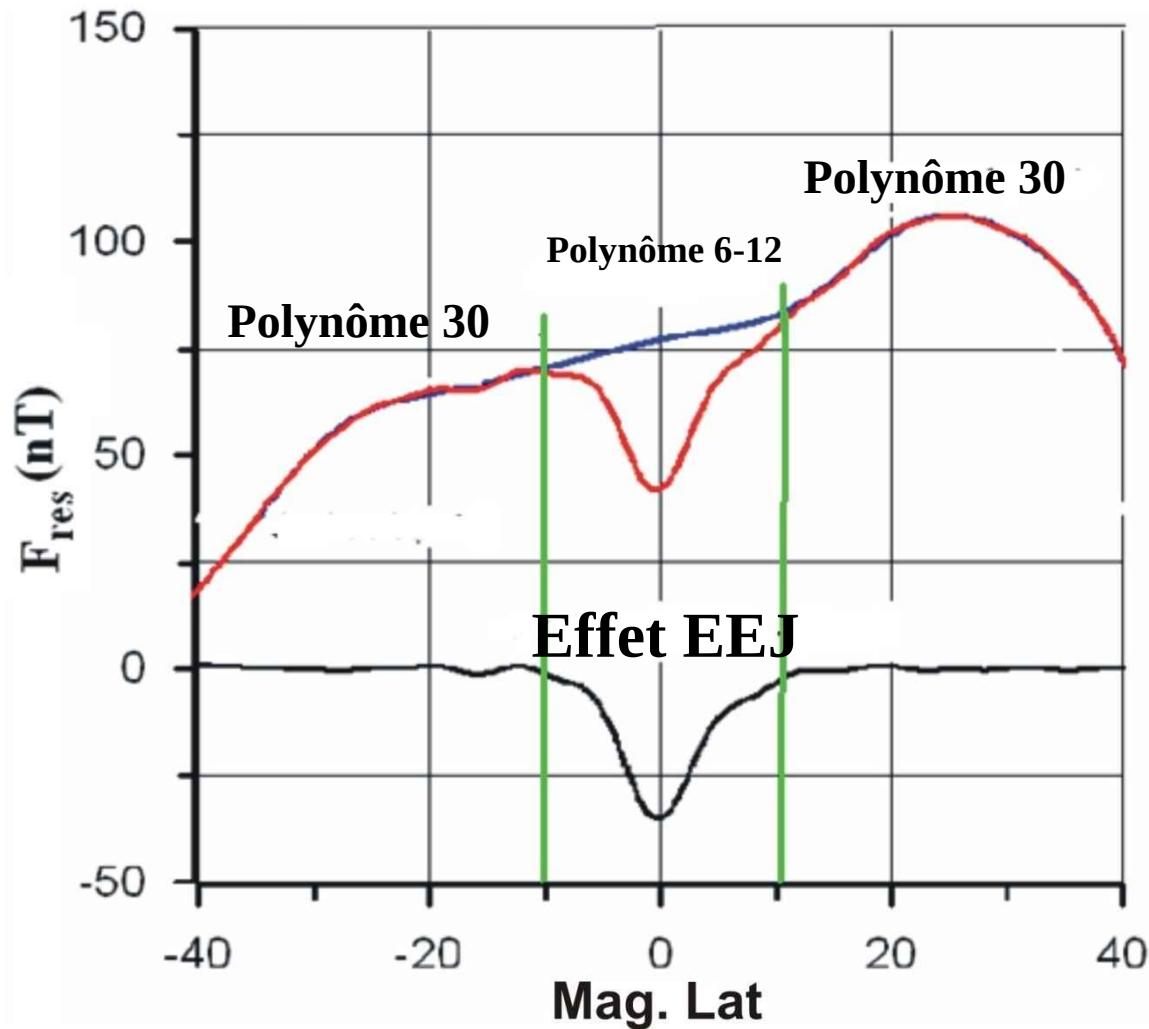
Étude de l'électrojet équatorial à partir des données satellitaires



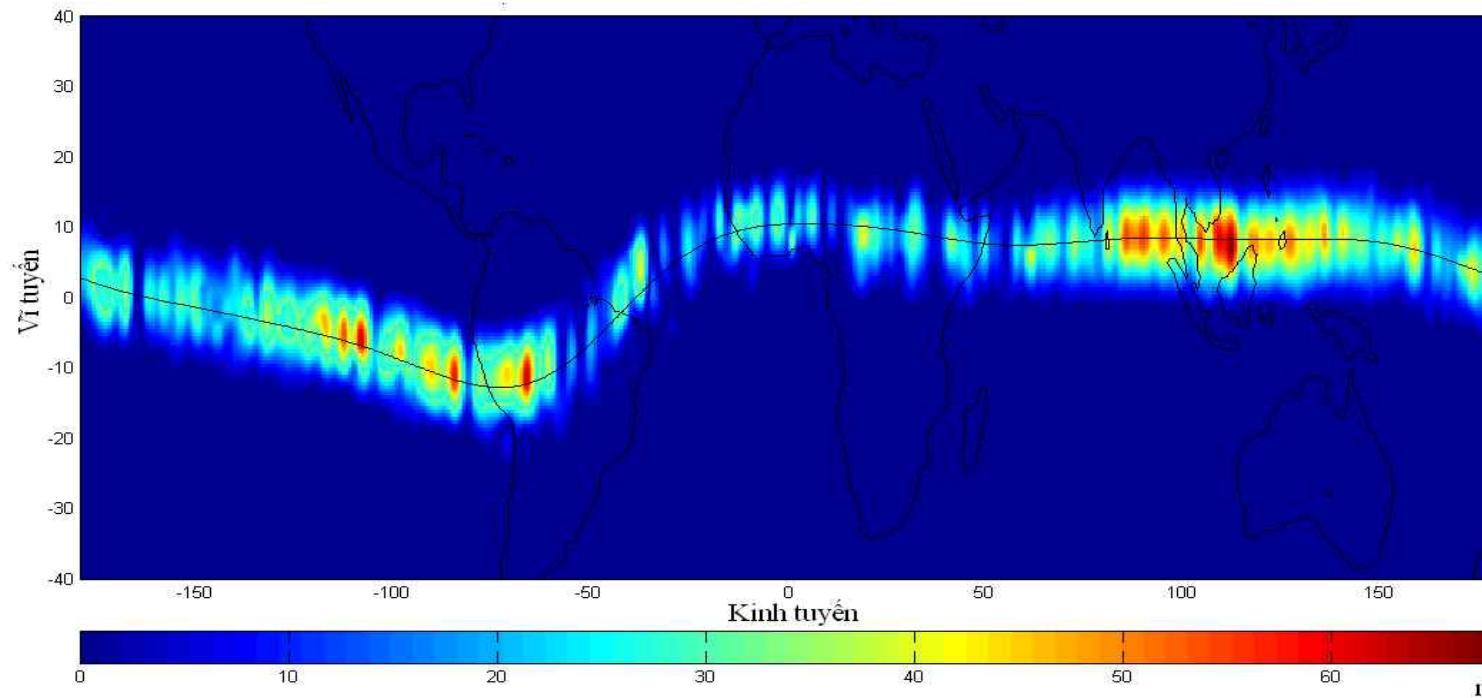
$$F_{res} = F_{obs} - F_{IGRF}$$

Signature magnétique de l'EEJ dans les données satellitaires

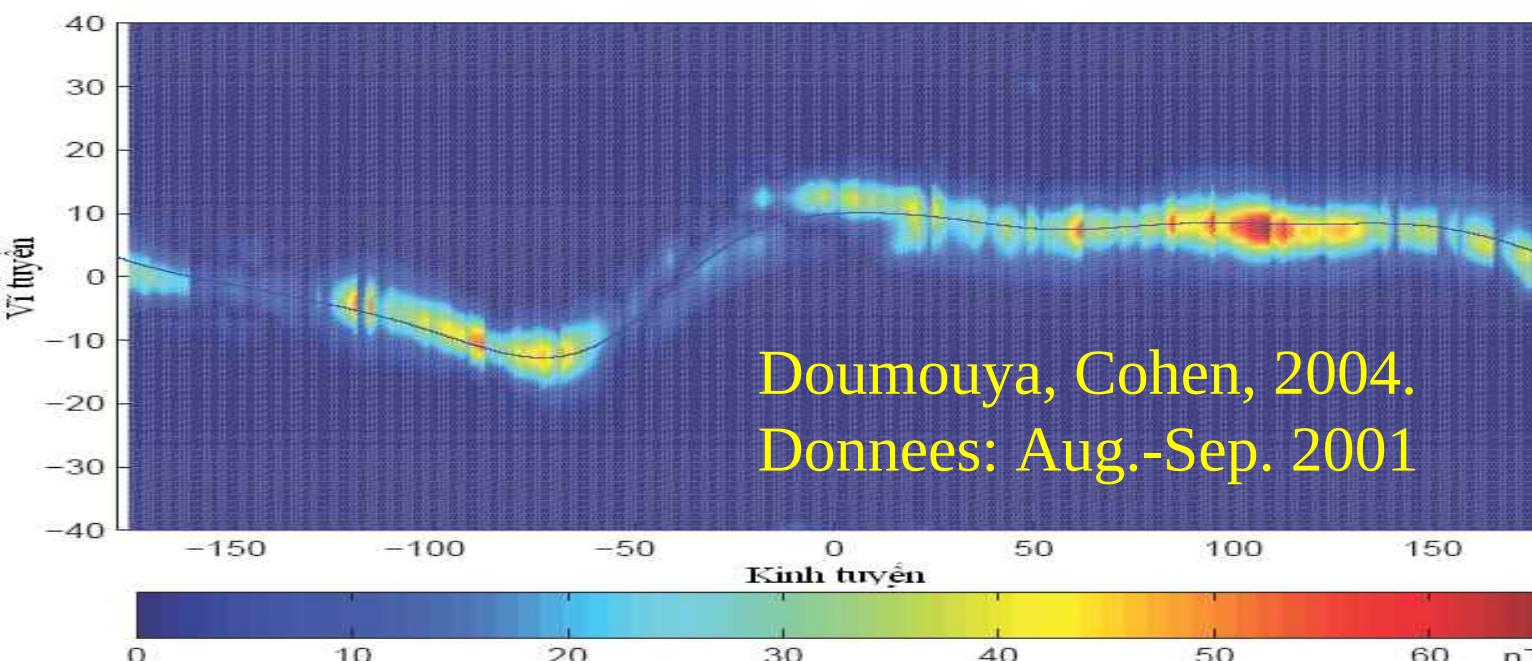
Isolation de la signature magnétique de l'EEJ



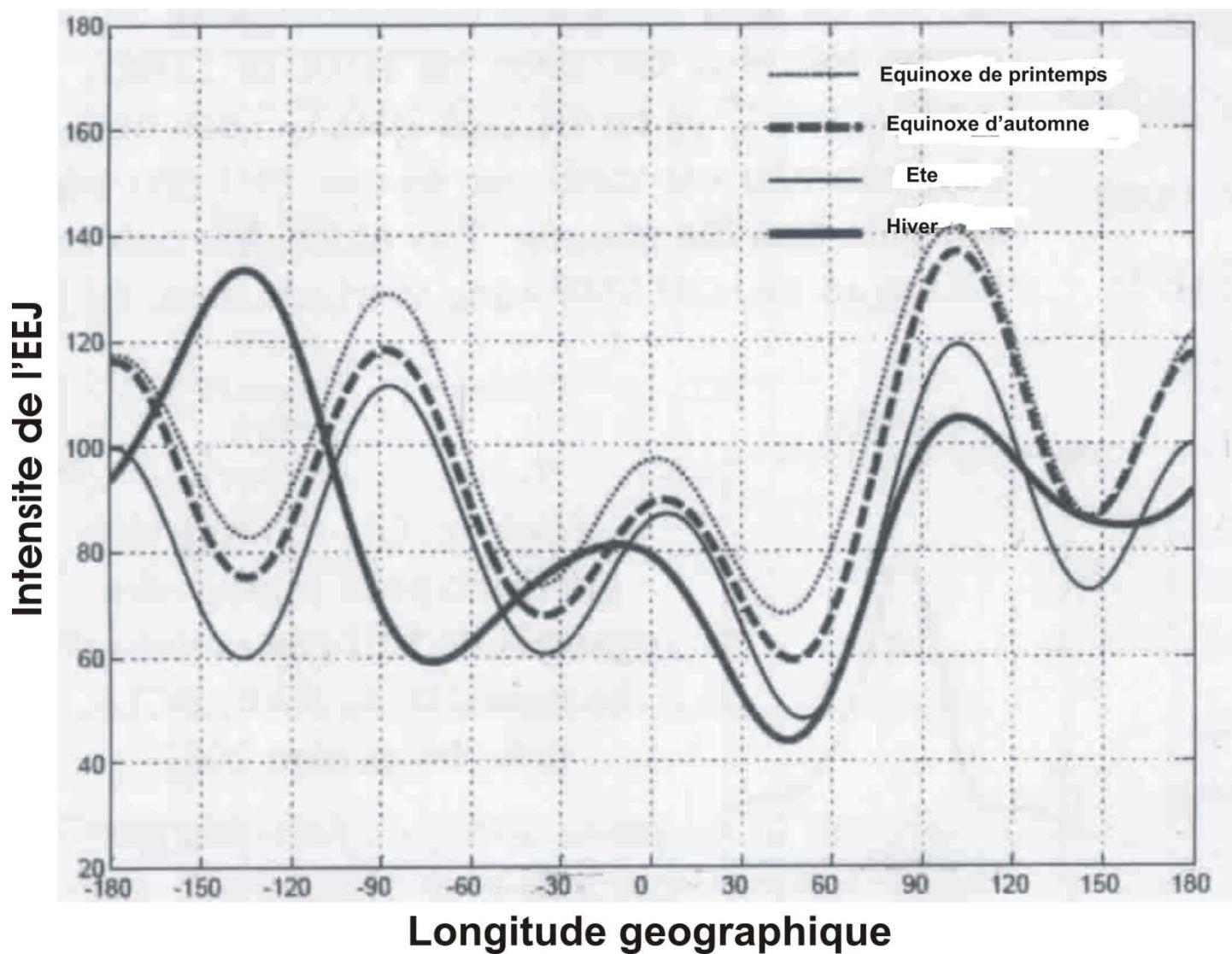
Intensité de l'EEJ de données CHAMP



L'intensité EEJ
maximale à la
longitude $\sim 100^\circ$
(VIETNAM)



Variation longitudinale et saisonnière de l'EEJ

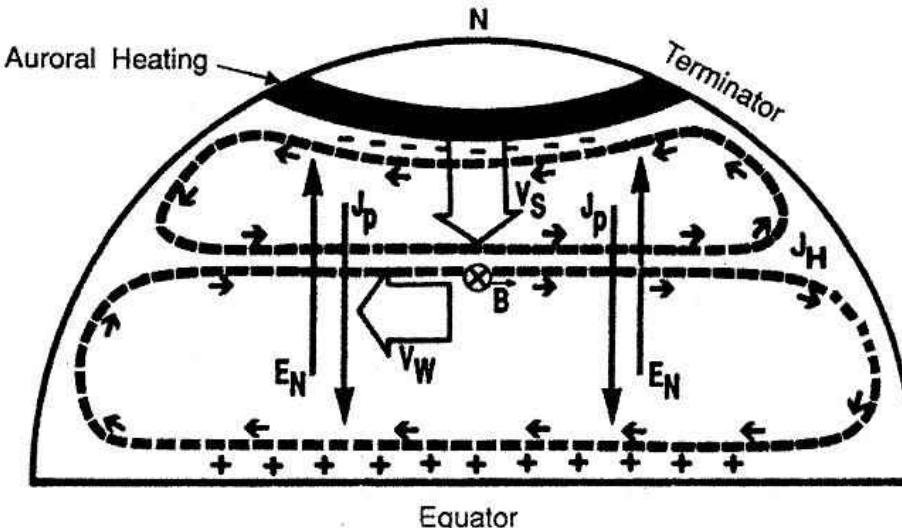


Nombre d'onde -4 (wave-4 pattern): Equinoxes et solstice d'été
Nombre d'onde -3 (wave-3 pattern): Solstice d'hiver

Publications

- Le Trường Thanh, Doumouya Vafi, Le Huy Minh, Ha Duyen Chau, **2010**. Model of the equatorial electrojet from the CHAMP data, *Vietnam J. Earth Sci.* (in Vietnamese), 32(1), 48-57.
- Le Truong Thanh, Le Huy Minh, Ha Duyen Chau, Doumouya Vafi, Yves Cohen, **2011**. Anomaly of equatorial electrojet (EEJ) and its seasonal variation, *Vietnam J. Earth Sci.*, 33(1), 29-36.

Signature magnétique de la dynamo ionosphérique perturbée



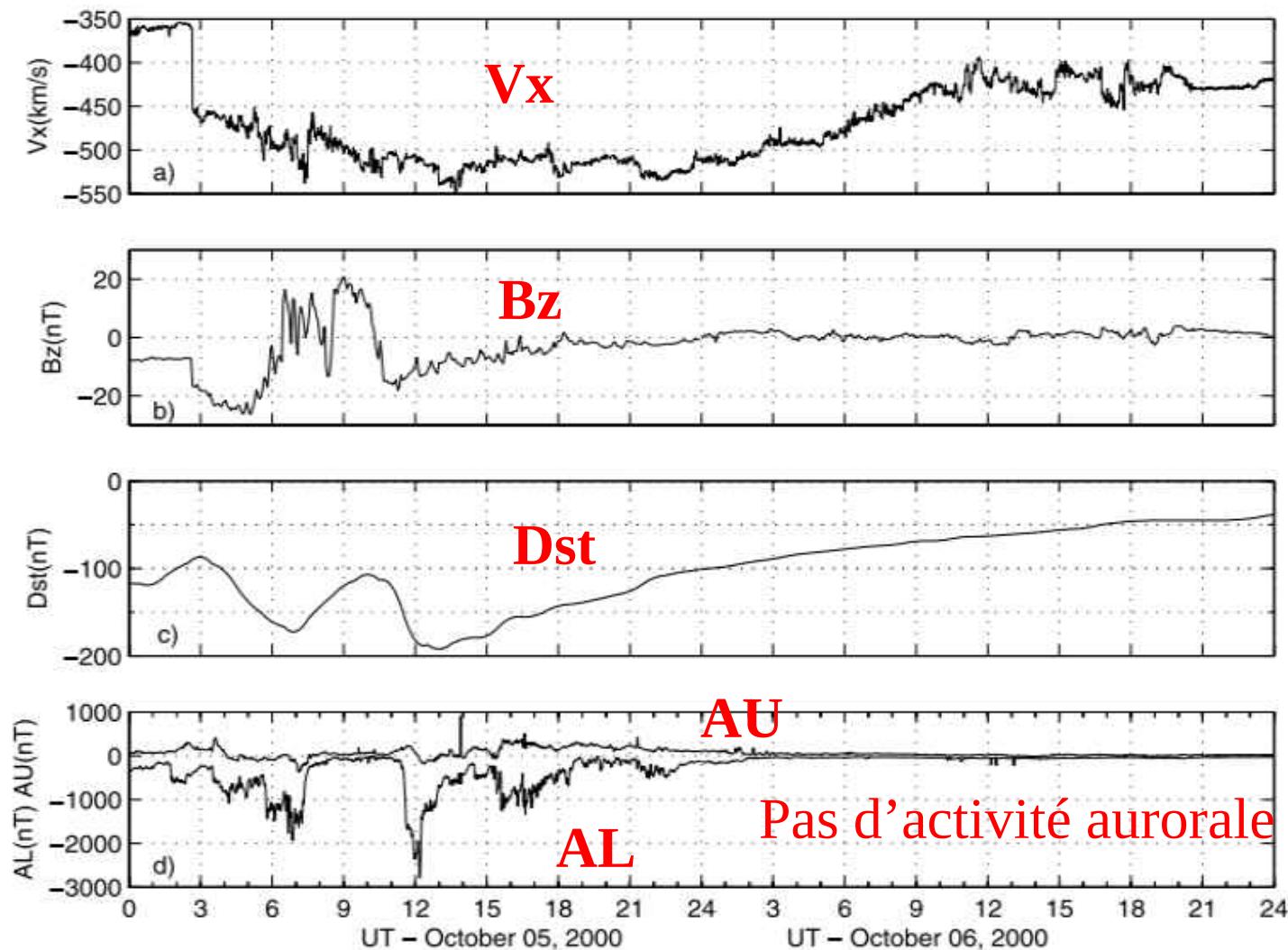
Dawn

**Ionospheric disturbance dynamo
(Blanc and Richmond, 1980)**

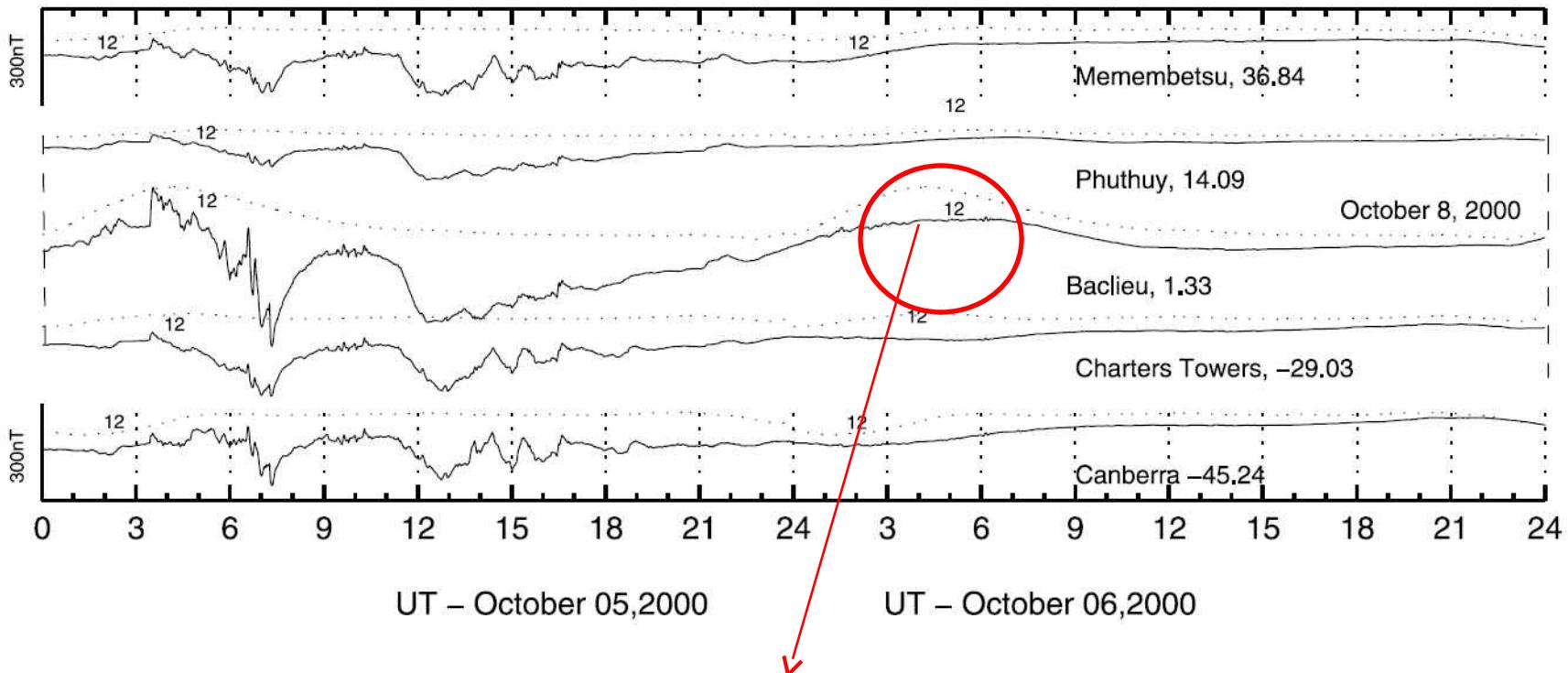
Dusk

Le chauffage Joule produit les vents méridiens vers le sud aux altitudes de la région F, V_s . En raison de l'action de la force de Coriolis, V_s produit un mouvement zonal vers l'ouest (V_w). Le mouvement zonal des ions en combinaison avec B_z (vers le bas dans le Hémisphère Nord) du champ magnétique produit un **courant de Pedersen vers l'équateur (J_p)**. Le courant de Pedersen accumule des charges positives à l'équateur jusqu'à ce qu'un champ électrique soit établi dans la direction polaire opposée au flux du courant de Pedersen. Ce champ électrique vers le pôle est représenté par E_N . Ce champ électrique qui est perpendiculaire à la composante verticale de \mathbf{B} donne naissance à un **courant de Hall vers l'est** avec un maximum d'intensité aux latitudes moyennes (J_H). Le courant Hall est interrompu aux terminateurs et donne naissance à deux tourbillons de courant. Le vortex de courant perturbateur de basse latitude est de direction opposée au vortex de courant Sq normal.

Paramètres interplanétaires et indices magnétiques de l'orage magnétique le 5 et 6 Oct 2000

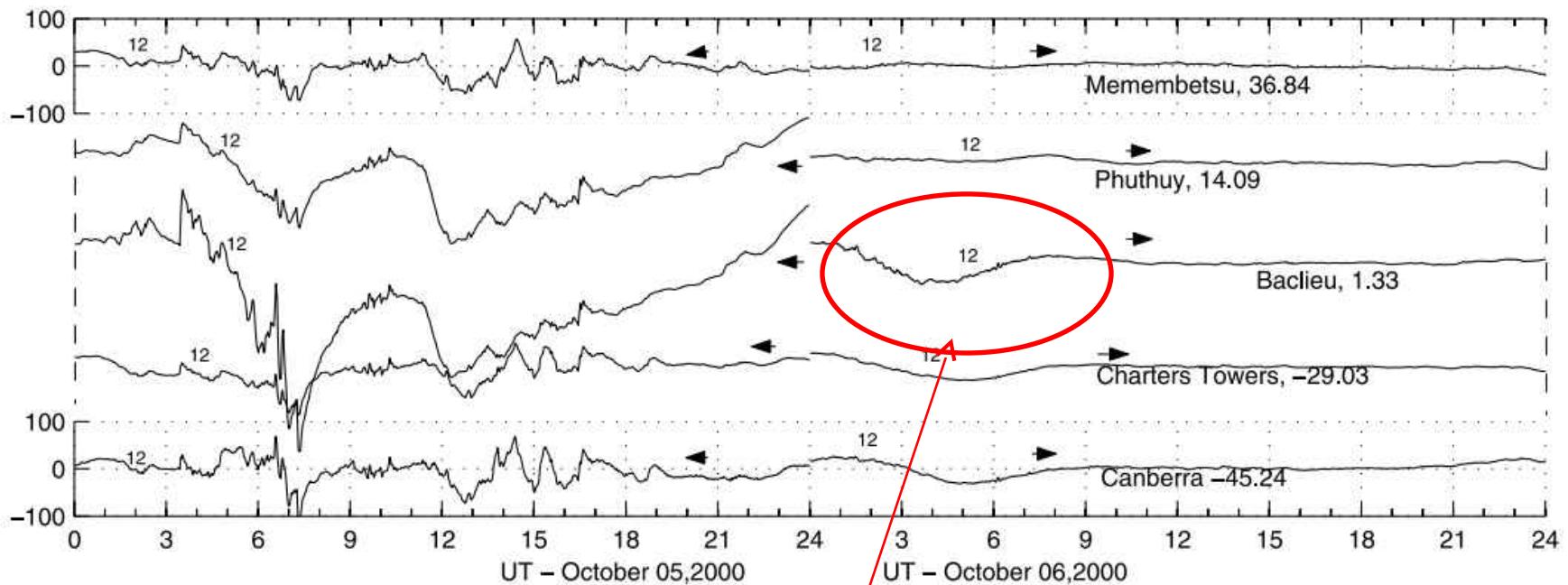


Signature magnétique de la dynamo ionosphérique perturbée



$$\Delta H = S_R + D_R + D_{dyn}$$

Ddyn à la composante H dans le secteur Asiatique les 5 et 6 octobre 2000, pour plusieurs latitudes

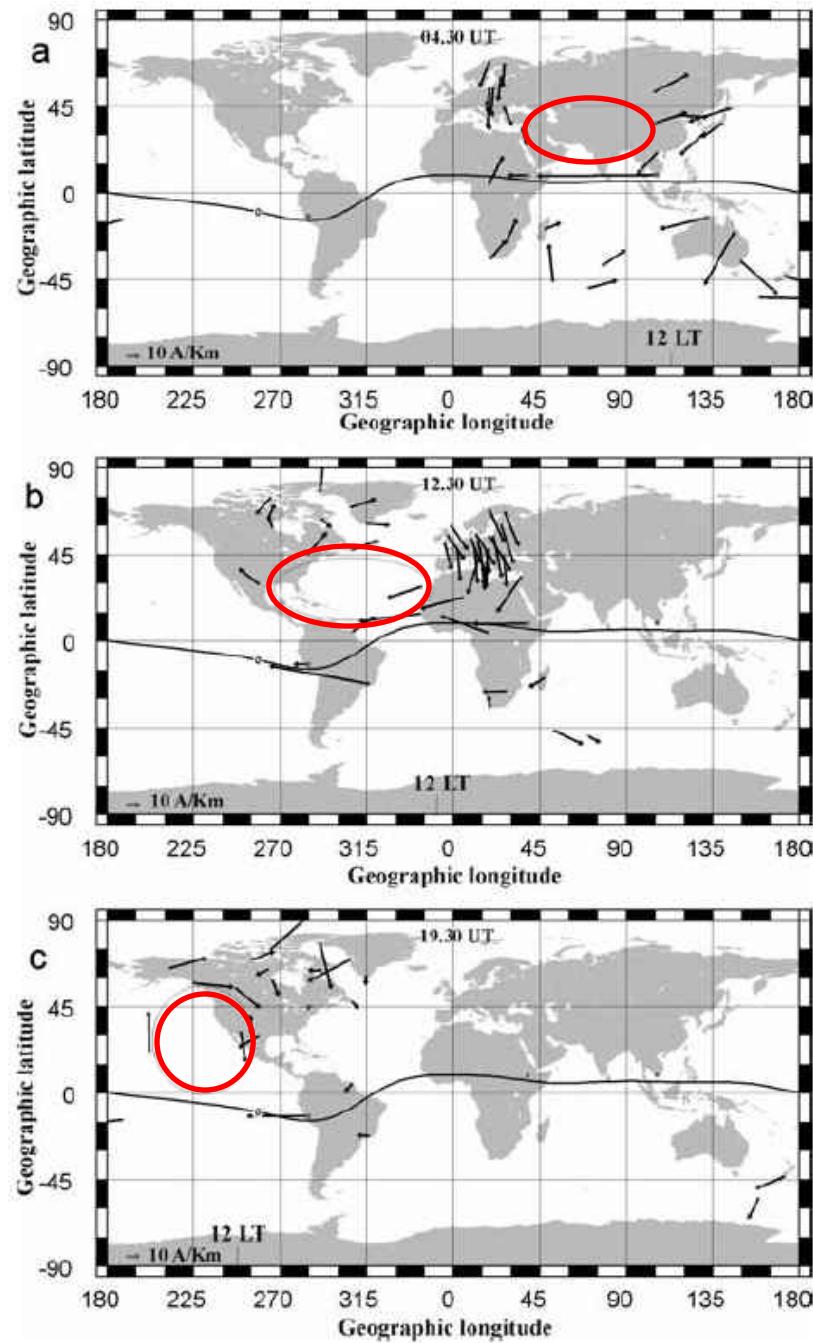


Ddyn

$$\Delta H \sim J_y$$

$$\Delta D \sim -\frac{J_x}{\sin I}$$

Système de courant électrique associé à la dynamo ionosphérique perturbée le 25, Novembre 2001



Analyse de semblance pour détecter le Ddyn (Semblance analysis)

- L'analyse de semblance compare la relation de phase locale entre deux ensembles de données en fonction du temps et de la longueur d'onde.
- Cela peut être réalisé en effectuant une transformée en ondelettes croisées ($CWT_{1,2}$) de deux séries temporelles:

$$CWT_{1,2} = CWT_1 \cdot CWT_2^*$$

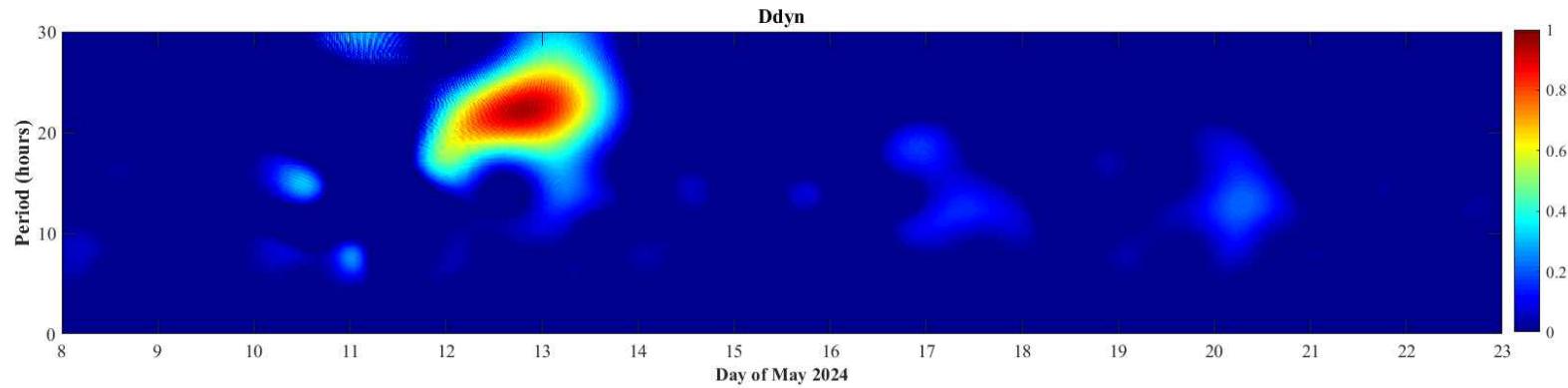
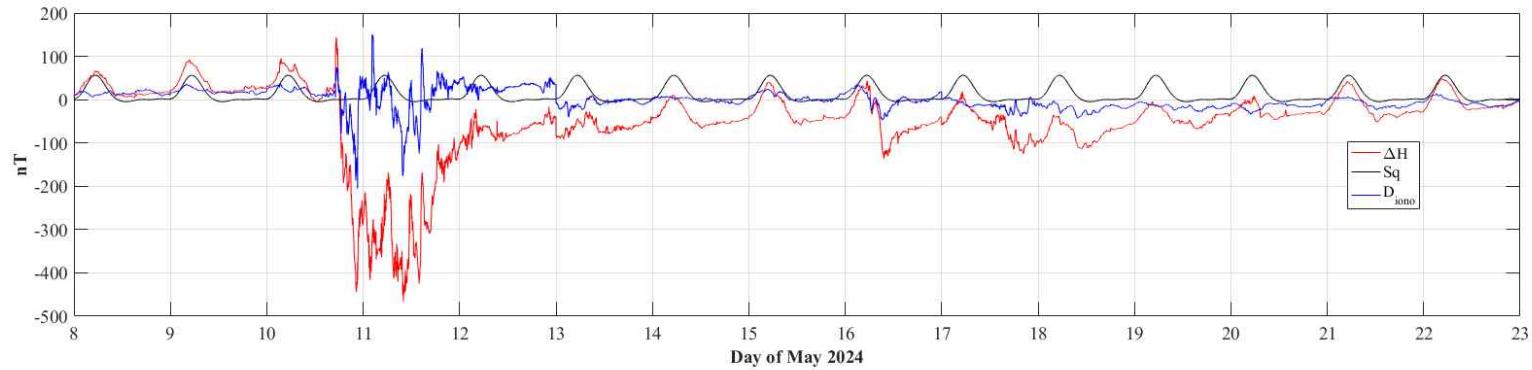
où * désigne le conjugué complexe.

La transformée en ondelettes croisées est une quantité complexe ayant une amplitude $\alpha = |CWT_{1,2}|$ et une phase locale $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}(CWT_{1,2})}{\text{Re}(CWT_{1,2})} \right)$

Im et Re désignent respectivement les parties imaginaires et réelles

$$\text{Semblance} = \cos^n(\theta) \quad D_{dyn} = \alpha \left[\text{anticorr} \{ \text{semblance}(S_q, D_{iono}) \} \right]_{n=1}$$

Variation magnétique à l'observatoire de Phu Thuy du 08 au 22 mai 2024,
a) ΔH (rouge), Sq (noir) et Diono (bleu), b) Ddyn



Ddyn est fort en 11-13 Mai 2024 (17:19UT 11 Mai et 11:40 UT 13 Mai)

Publications

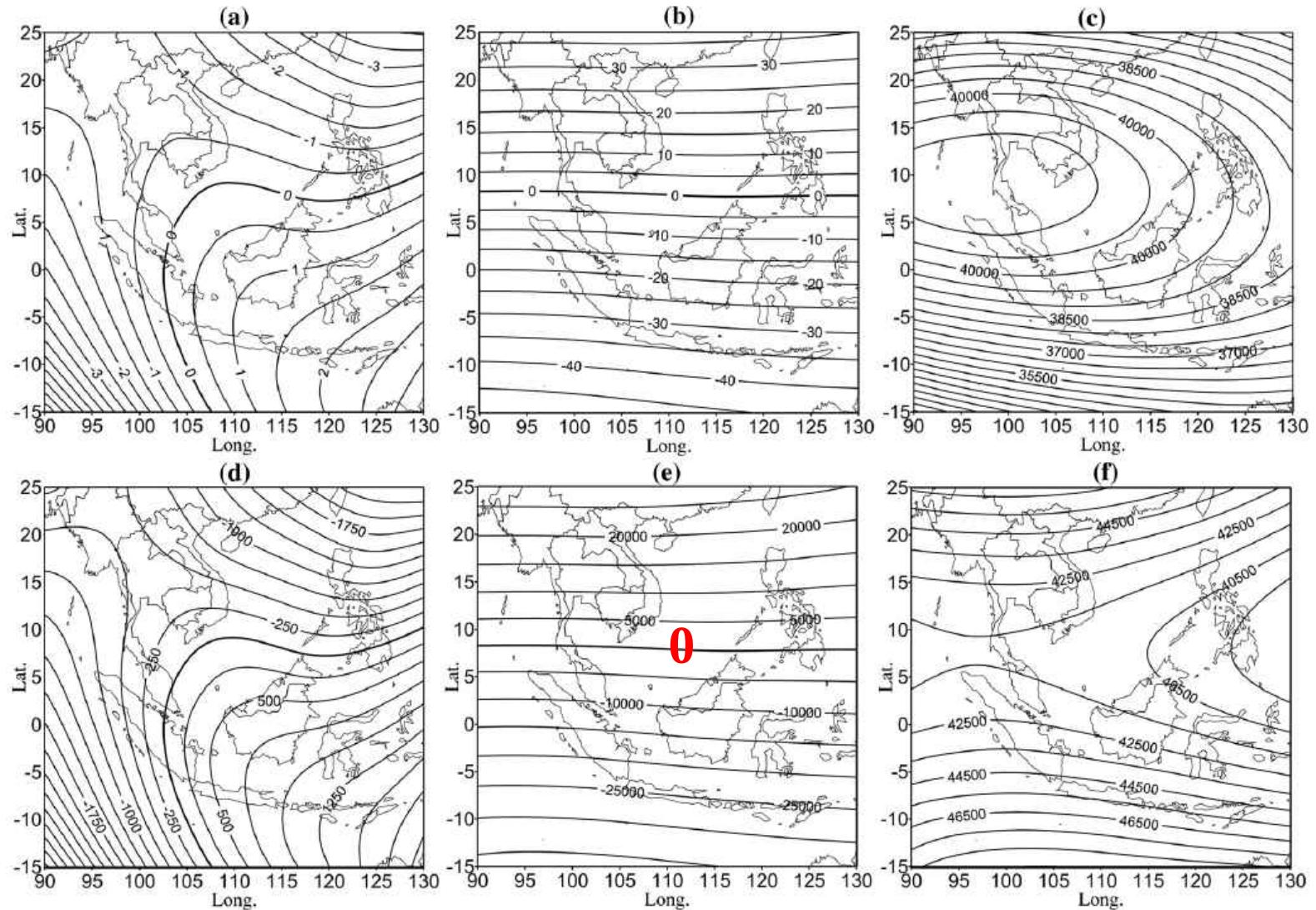
- Le Huy Minh and C. Mazaudier, **2005**. Magnetic signature of the ionospheric disturbance dynamo at equatorial latitudes “Ddyn”. *J. Geophys. Res.*, 110, A10301, doi:10.1029/2004JA010578.
- Le Huy Minh and C. Mazaudier, **2008**. Planetary magnetic signature of the storm wind disturbance dynamo currents: D_{dyn} , *J. Geophys. Res.*, 113, A02312, doi:10.1029/2007JA012686.
- W. Younas, C. Amory-Mazaudier, M. Khan and M. Le Huy, **2021**. Magnetic signatures of ionospheric disturbance dynamo for CME and HSSWs generated storms, *Space Weather*, 19, e2021SW002825. → **Nouvelle technique pour détecter la signature magnétique Ddyn**

Le champ régional à partir de données satellitaires

- Méthode: Analyse des harmoniques de la calotte sphérique
- Données: La nuit, 2000-0500 TL, $K_p \leq 3$, $|Dst| \leq 20$ nT, CHAMP 2007, Swarm 2015.
- Éliminer le champ principal: IGRF.
- Inversion des résidus = $(\text{Obs}-\text{IGRF})$,
 N_e (external) = 2, N_i (Internal) = 8

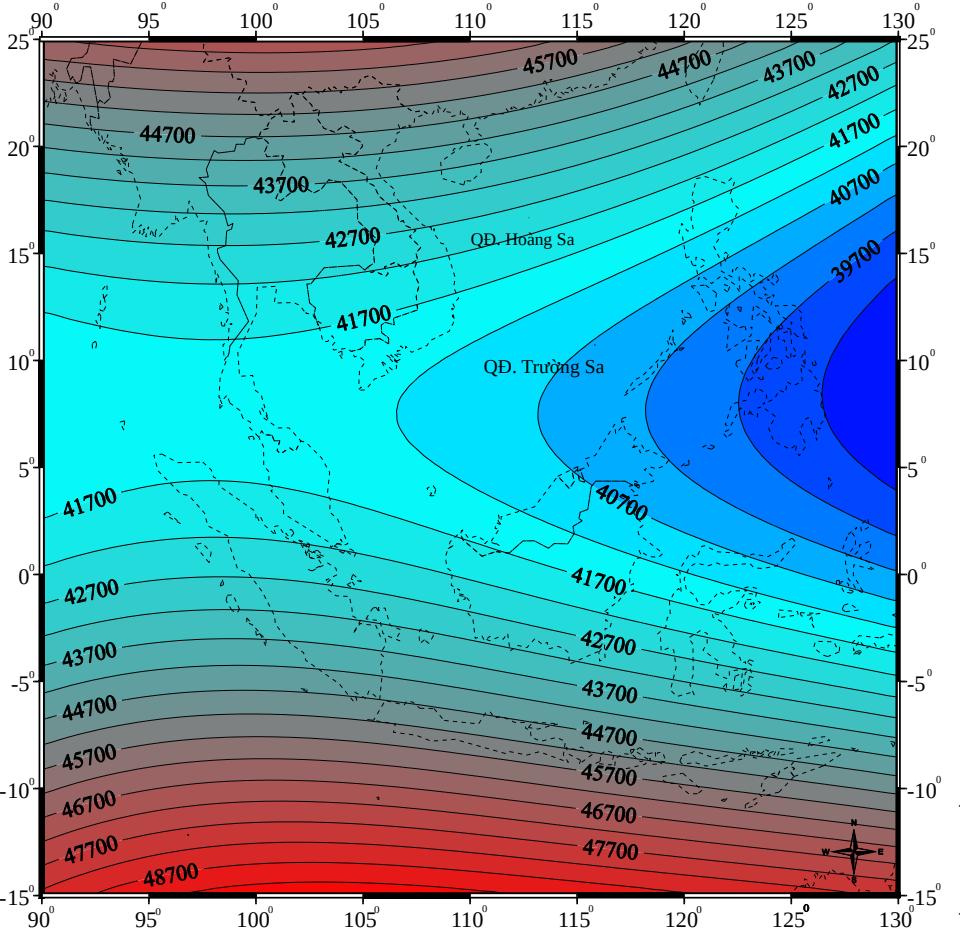
Champ régional = Champ (SCHA inversion) + IGRF

Champ régional à partir de SCHA méthode, époque 2007

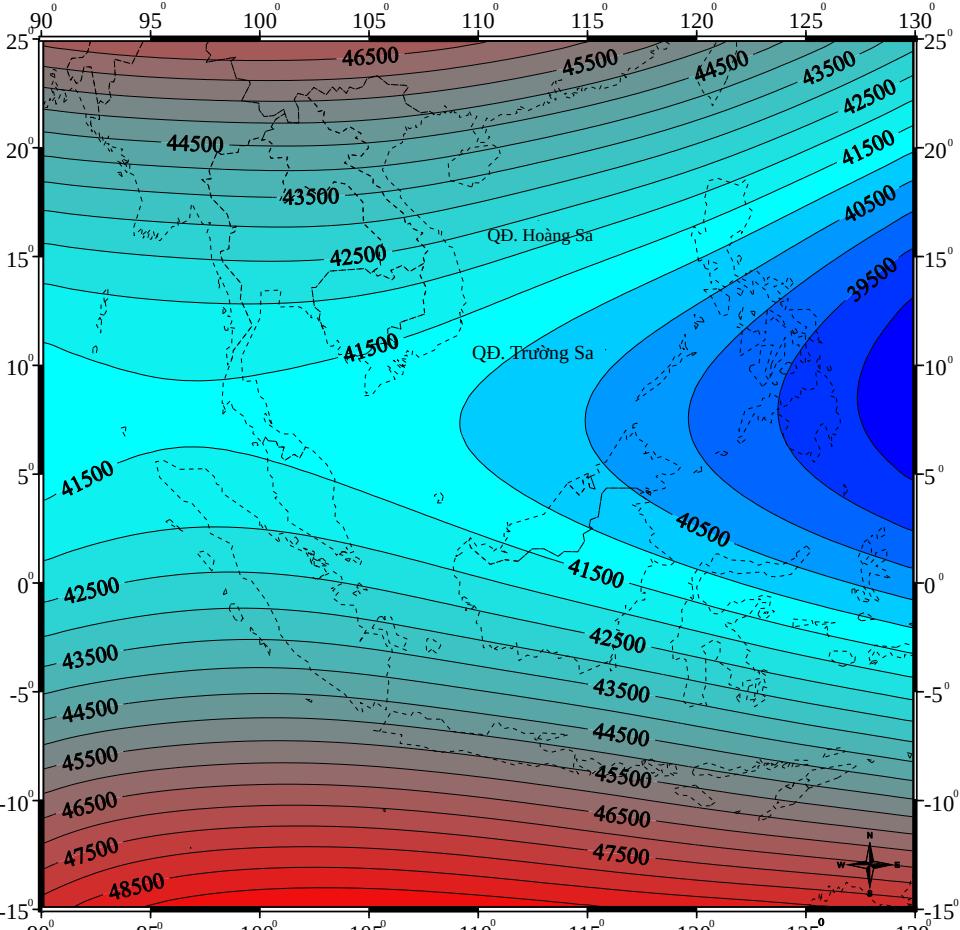


(a) Déclinaison, (b) Inclinaison, (c) X comp., (d) Y comp. (e) Z comp. (f) Total

Le champ total



Le champ total F(IGRF), 2007.0



Le champ total F(SCHA), 2007.0

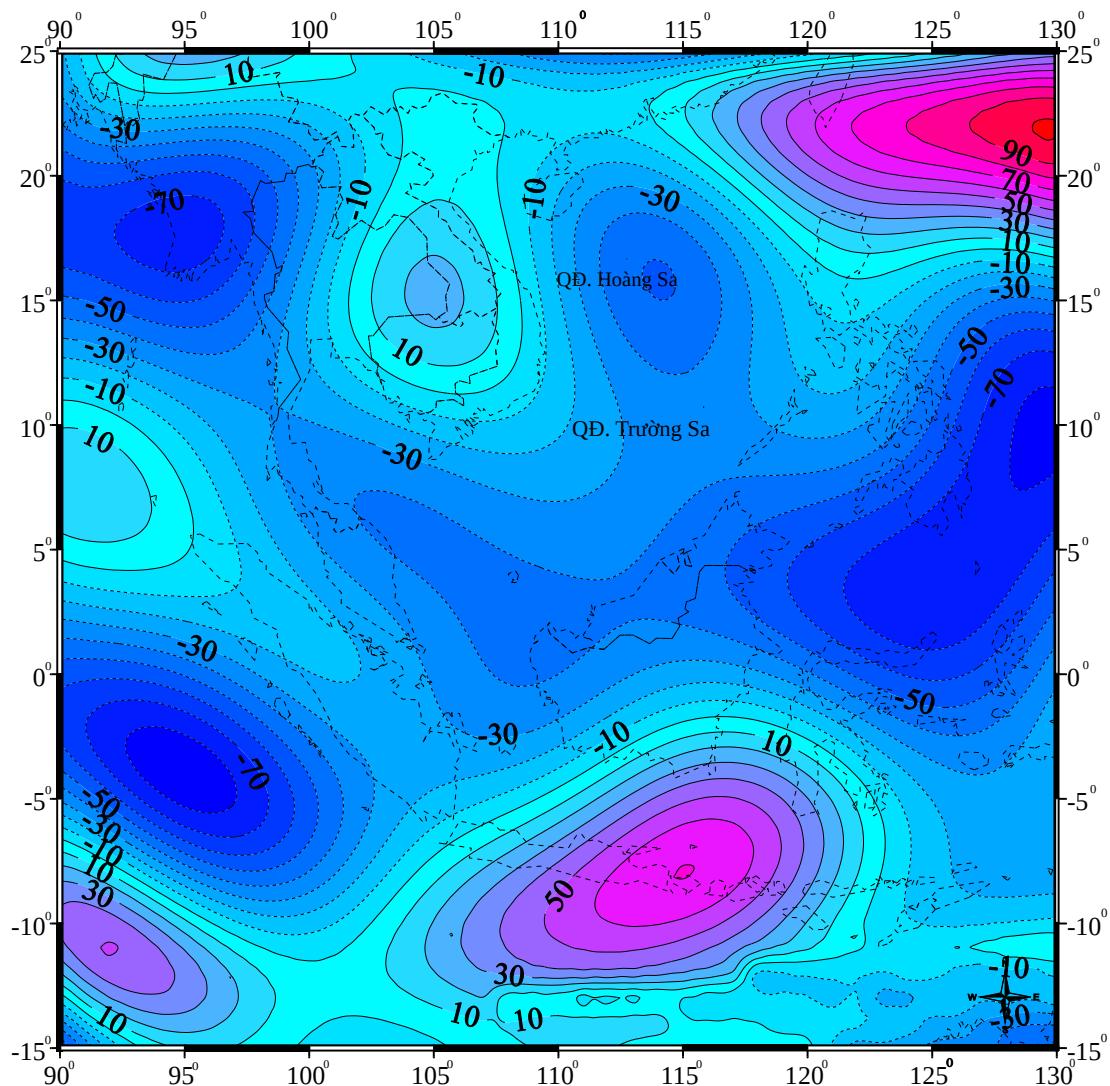
La forme des lignes de contour est assez similaire, seule différence d'amplitude

La différence entre F(IGRF) et F(SCHA), 2007.0

$\Delta F \sim -90 \text{ nT} \div +98 \text{ nT}$

ΔF est la partie du champ magnétique terrestre que le modèle de champ magnétique global IGRF ne reflète pas.

L'utilisation de la méthode SCHA pour obtenir le champ régional est plus raisonnable que l'utilisation de l'IGRF pour une région

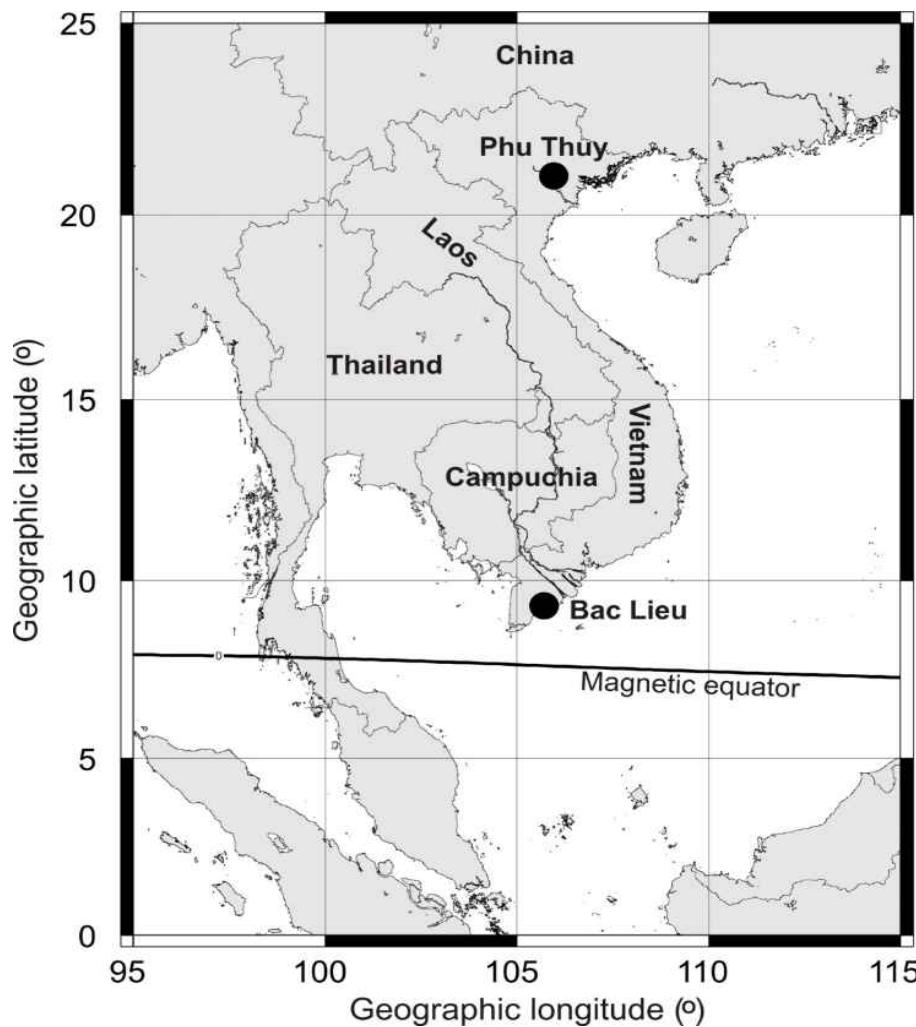


Publication

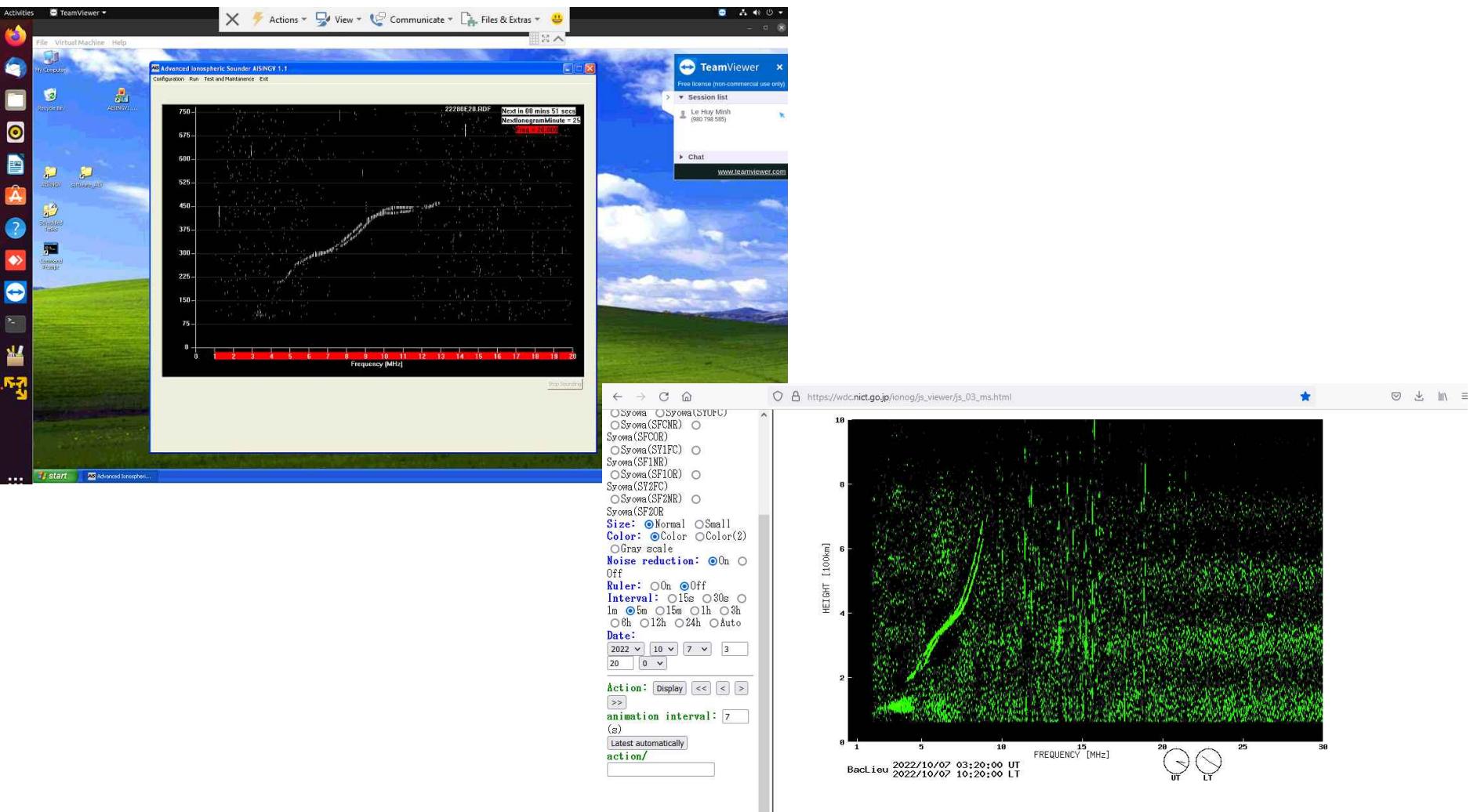
- Le Truong Thanh, Le Huy Minh, Vafi Doumbia, Christine Amory-Mazaudier, Nguyen Thanh Dung and Ha Duyen Chau, **2021**. A spherical cap model of the geomagnetic field over Southeast Asia from CHAMP and Swarm satellite observations, *J. Earth Syst. Sci.*, 130 13.
- C. T. Nguyen, J. –J. Berthelier, M. Petitdidier, C. Amory-Mazaudier and M. Le Huy, **2022**. Climatology of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances at Mid and low latitudes observed by the DEMETER satellite in the topside ionosphere during the period 2005-2010, *J. Geophys. Res.: Space Phys.*, 127,e2022JA030517, doi:10.1029/2022JA030517.

Etude de données ionosphériques

Ionospherique stations au Vietnam



Ionogrammes à Phu Thuy et à Baclieu, 0320TU, 07 Oct. 2022

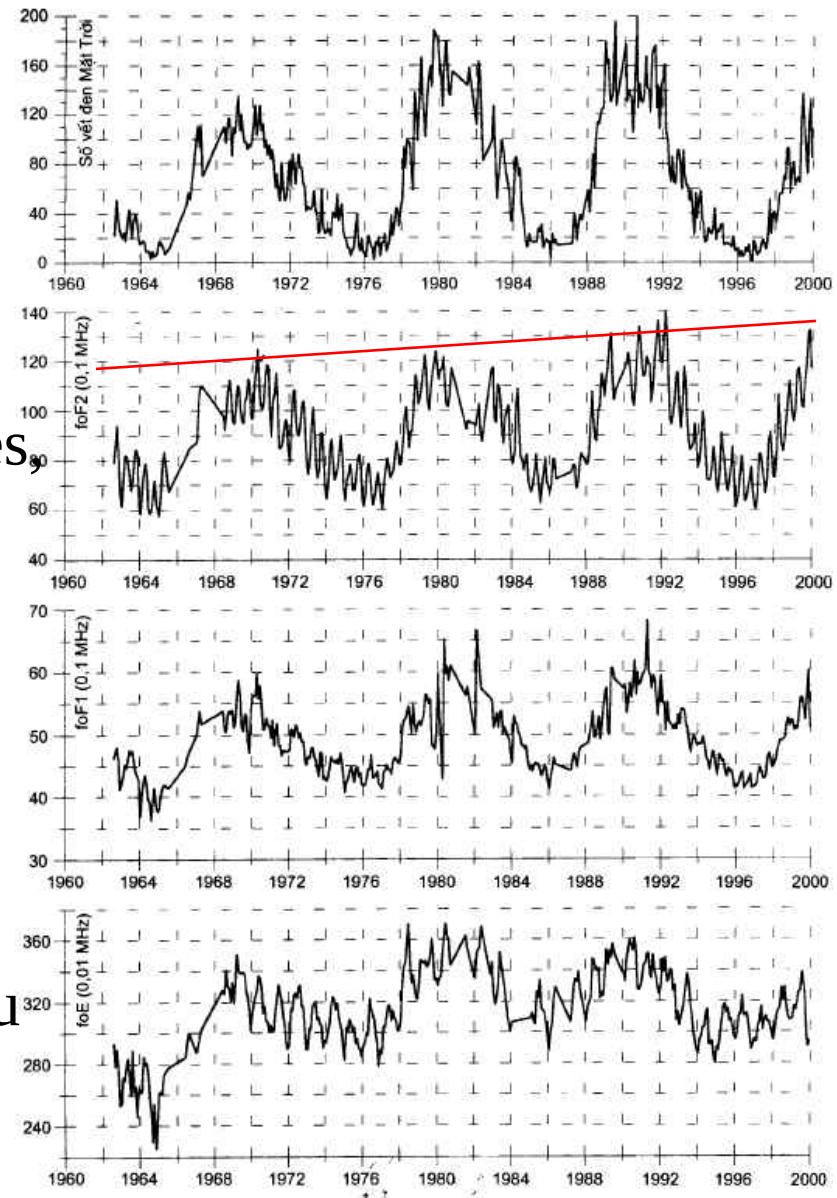


Observations ionosphériques à Phu Thuy

**Moyennes mensuelles, 1962-1999
de la variation temporelle du nombre
de taches solaires, des fréquences
critiques foF2, foF1 et foE**

La fréquence critique foF2 varie en fonction du nombre de taches solaires, cependant il semble y avoir une tendance linéaire indépendante de la période des taches solaires.

L'exclusion de l'influence de l'activité solaire par la méthode de régression permet d'obtenir la tendance linéaire. Cette tendance linéaire peut être due au déplacement séculaire de l'EIA, suite au déplacement séculaire de l'EM



Publications

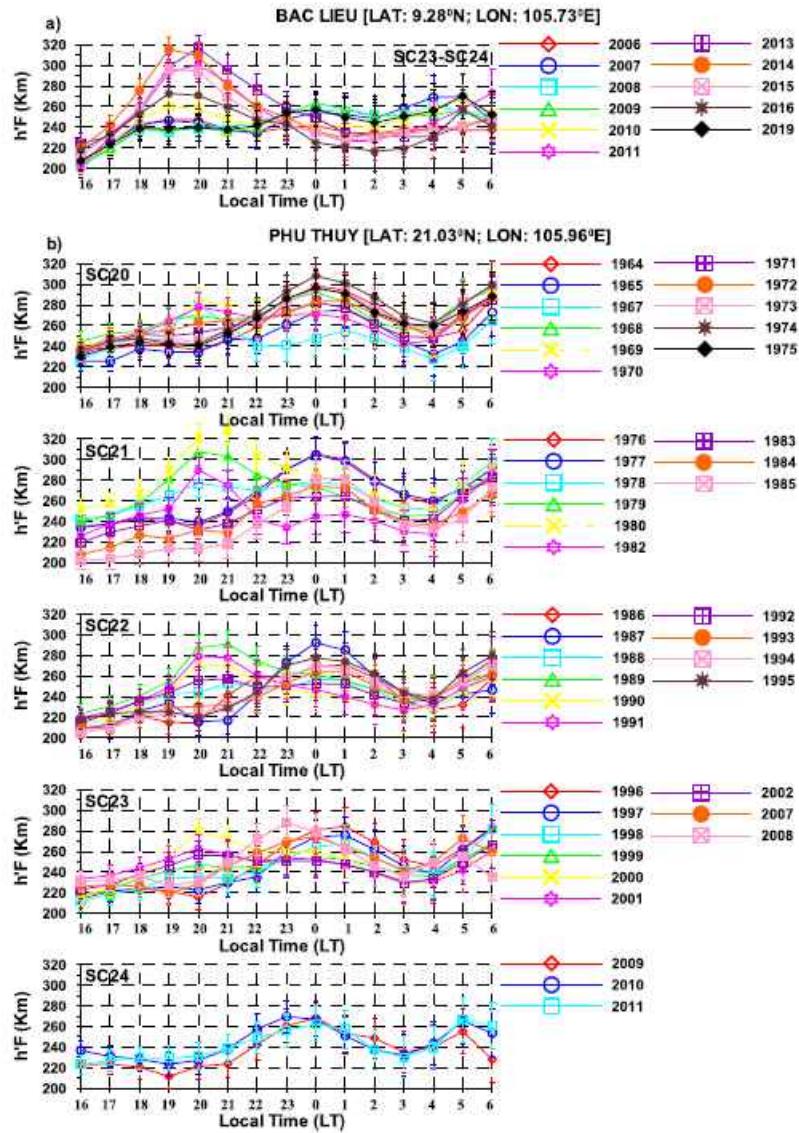
- Le Huy Minh and Pham Van Tri, **2001**. Time variation of the E and F layers observed at Phu Thuy observatory, Vietnam, *J. Sciences of the Earth* (in Vietnamese), 23(1), 56-69.
- Le Huy Minh, Tran Thi Lan, Pham Thi Thu Hong, **2004**. Geomagnetic and ionospheric storms on the 6-7 Avril 2000 and on the 31 March 2001 observed at Phu Thuy, , *J. Sciences of the Earth* (in Vietnamese), 26(2), 122-135.
- H. Pham Thi Thu, C. Amory-Mazaudier, M. Le Huy, **2011**. Time variations of the ionosphere at the Northern tropical crest of ionization at Phu Thuy, Vietnam, *Ann. Geophys.*, 29, 197-207, doi:10.5194/angeo-29-197-2011.
- H. Pham Thi Thu, C. Amory-Mazaudier, M. Le Huy, and Ana G. Elias, **2016**. foF2 long-term trend linked to Earth's magnetic field secular variation at a station under the northern crest of the equatorial ionization anomaly, *J. Geophys. Res. : Space Physics*, 121, 719-726, doi: 10.1002/2015JA021890.
- H. Pham Thi Thu, C. Amory-Mazaudier, M. Le Huy, D. Nguyen Thanh, H. Luu Viet, N. Luong Thi, K. Hozumi, T. Le Truong, **2020**. Comparison between IRI-2012, IRI-2016 models and F2 peak parameters in two stations of the EIA in Vietnam during different solar activity periods, *Adv. Space Res.*, 68(5), 2076-2092.

Dérives verticales nocturnes du plasma ionosphérique au-dessus des observatoires Bac Lieu et Phu Thuy

Profils annuels nocturnes de h'F observés à Bac Lieu et à Phu Thuy pour différentes périodes

Dérives verticales

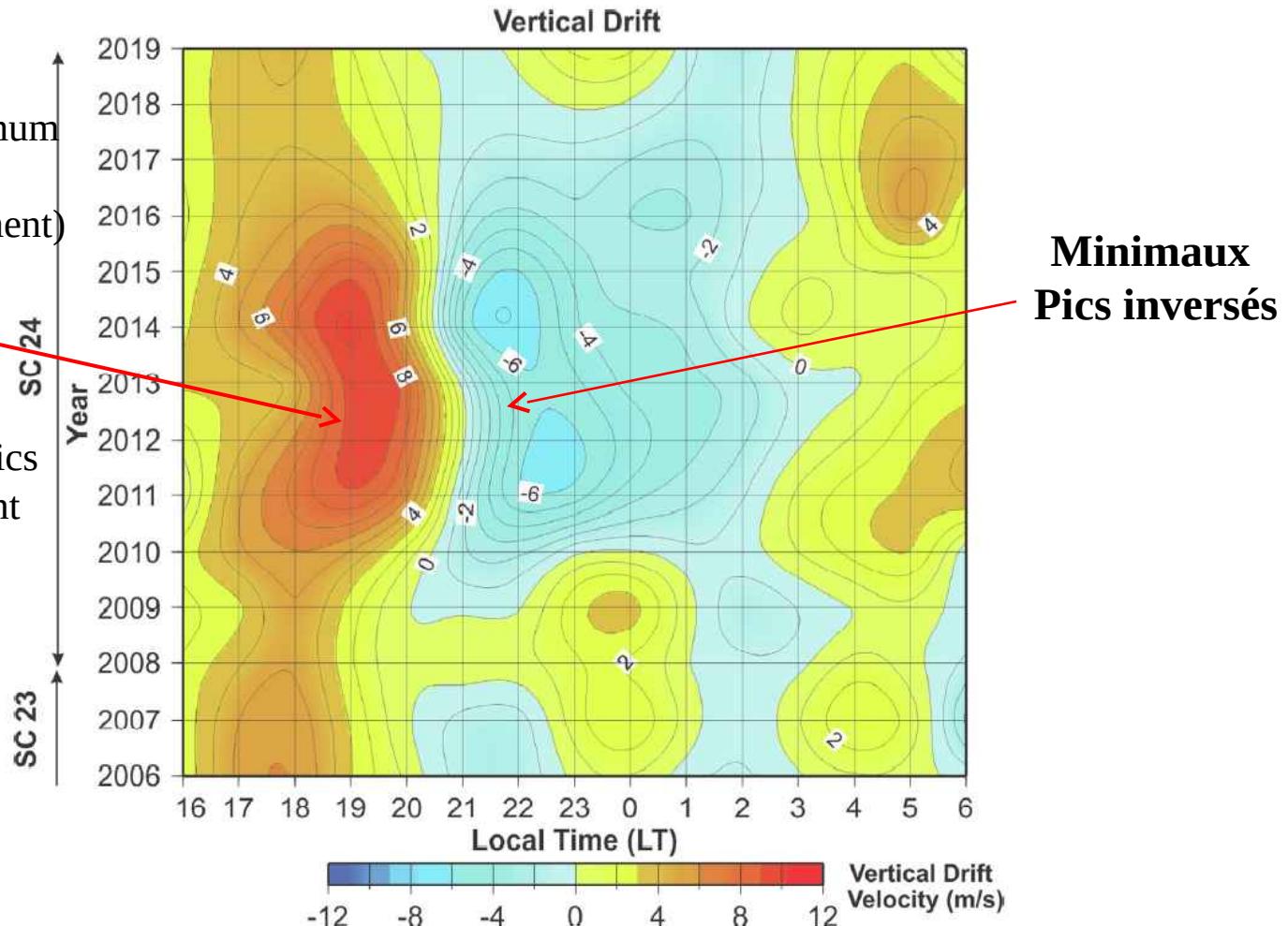
$$Vd = \frac{d(h'F)}{dt}$$



Dérives verticales nocturnes de plasma au-dessus de l'observatoire Bac Lieu

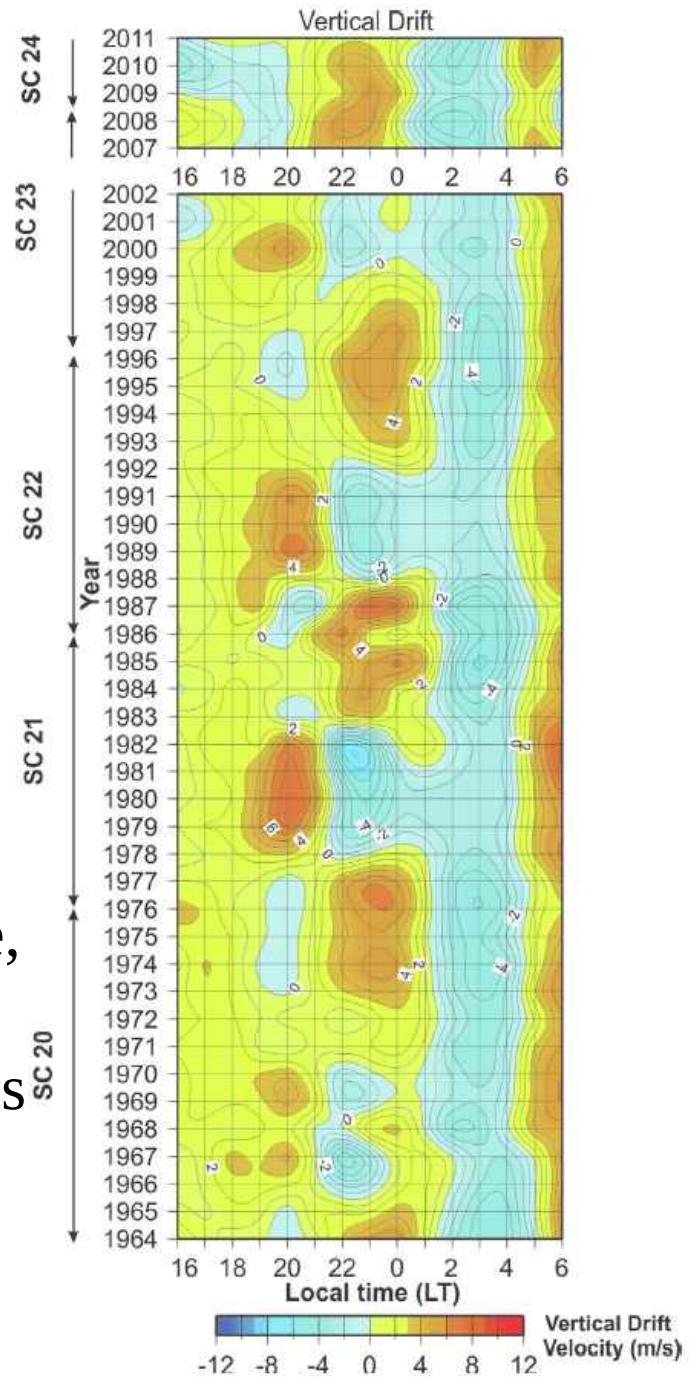
Augmentation du maximum du pic PRE
(Pre Reversal Enhancement) environ 1900LT

Les amplitudes de ces pics sont plus élevées pendant les années d'activité solaire maximale.



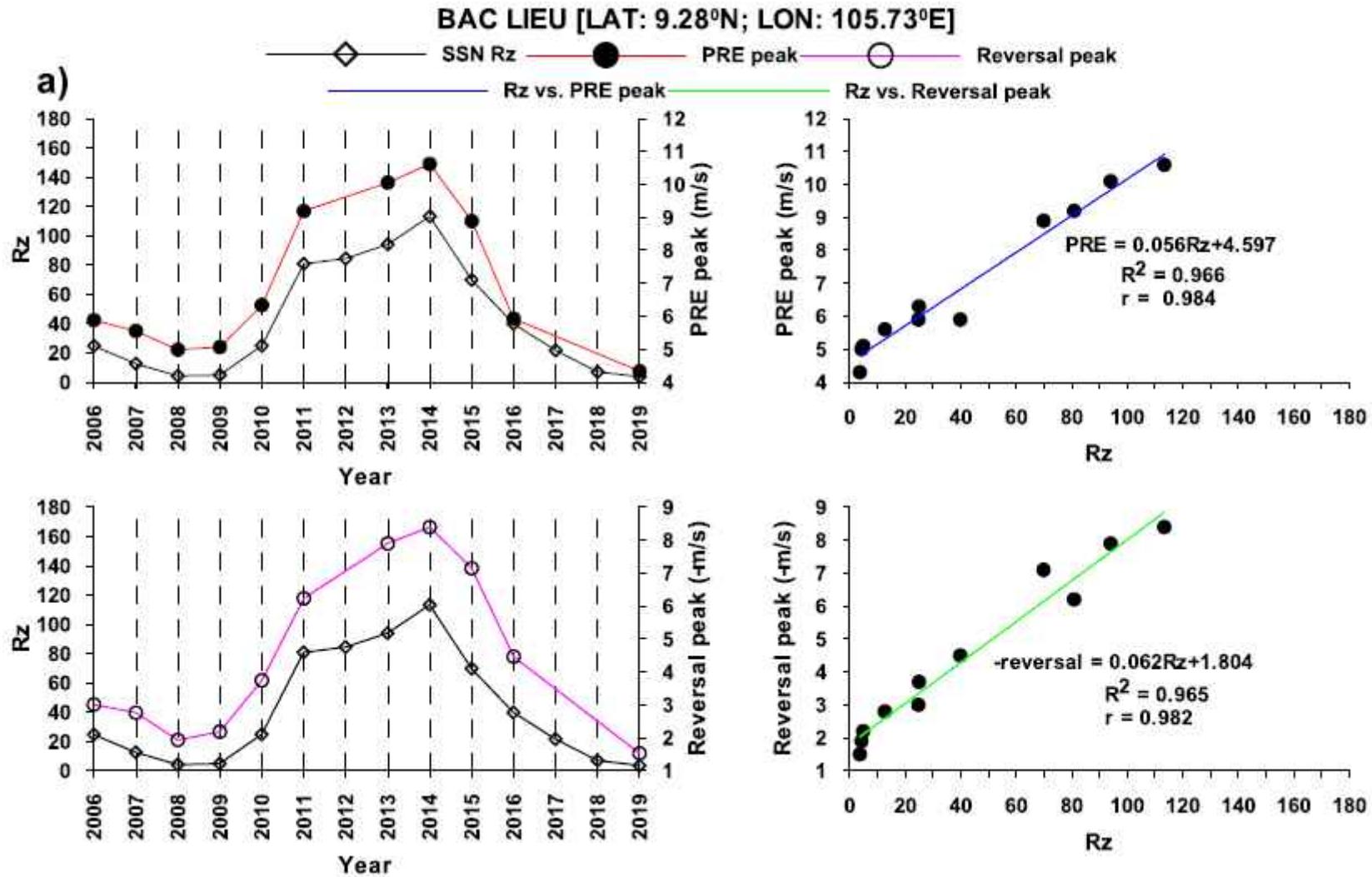
Dérives verticales nocturnes de plasma au-dessus de l'observatoire Phu Thuy

Pendant les années de forte activité solaire
Vd a des maxima autour 2000 TL
et minima pics entre 2200-2300 TL.
Autour de 2000TL => PRE

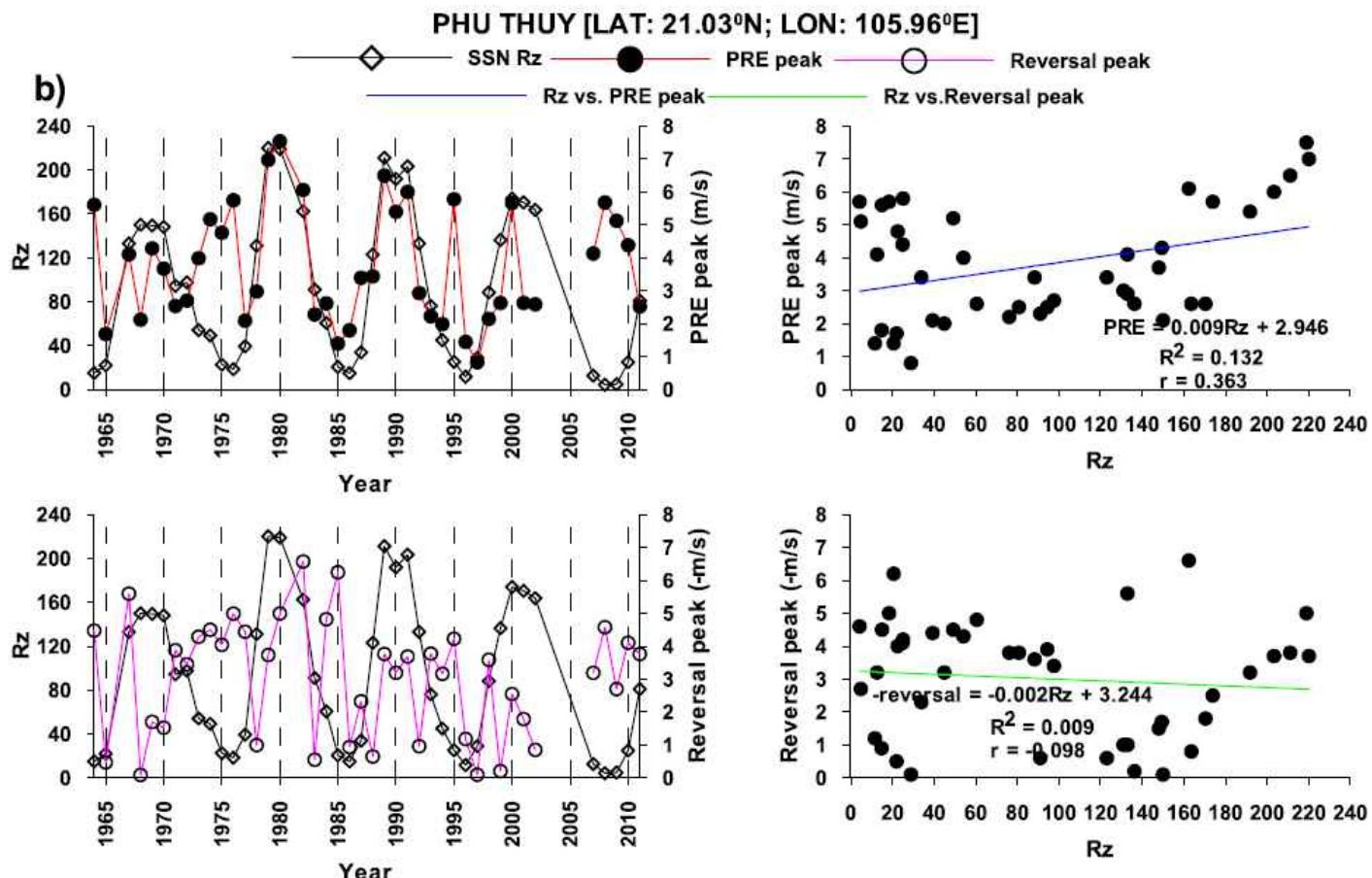


Vd pour les années de faible activité solaire,
Vd montre les amplitudes maximales de
2200 à 0000 TL et les amplitudes minimales
inverses autour de 03.00 TL

Bonne corrélation entre le nombre de taches solaires et la dérive verticale nocturne du plasma ionosphérique au-dessus de Bac Lieu



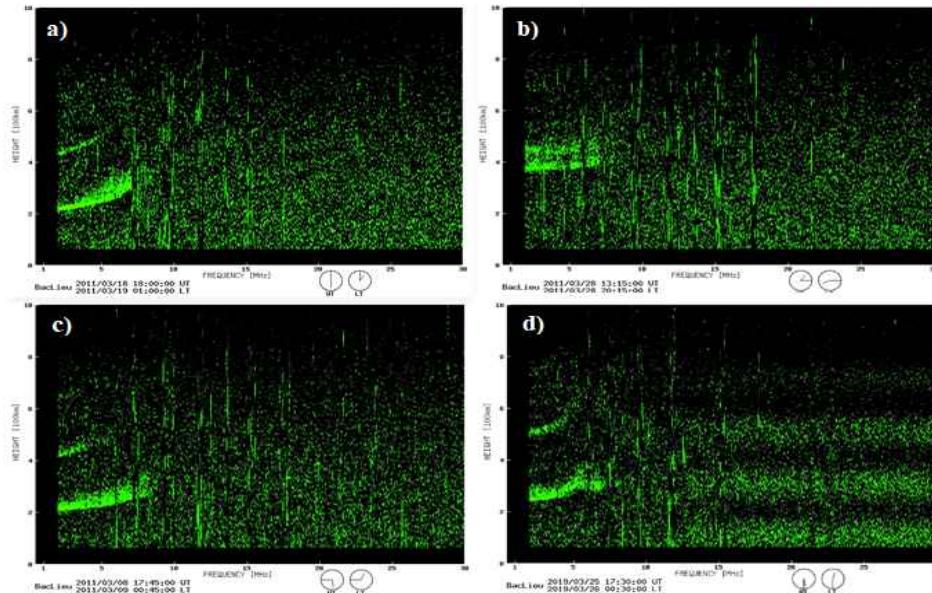
Corrélation faible entre le nombre de taches solaires et la dérive verticale nocturne du plasma ionosphérique au-dessus de Phu Thuy



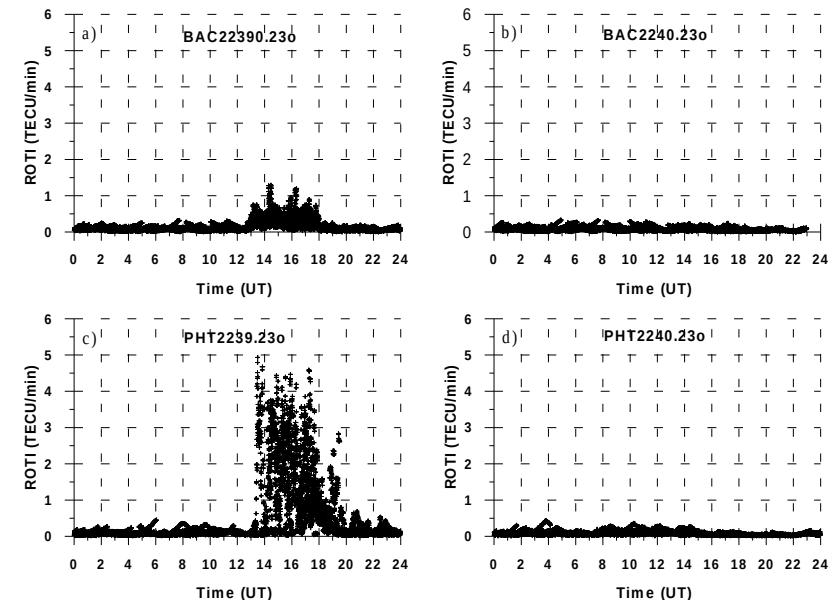
Les caractéristiques du Vd observé à Bac Lieu sont similaires à celles des secteurs de longitude américains et africains. Vd n'a jamais été étudié sur la crête de l'EIA comme nous l'avons fait à Phu Thuy

Spread F et GPS ROTI

à Phu Thuy (crête) et à Bac Lieu (~E. M.)



- 4 types de Spread F (**F Diffus**):
- FSF: Frequency Spread F
 - RSF: Range Spread F
 - MSF: Mixed Spread F
 - BSF: Branch Spread F



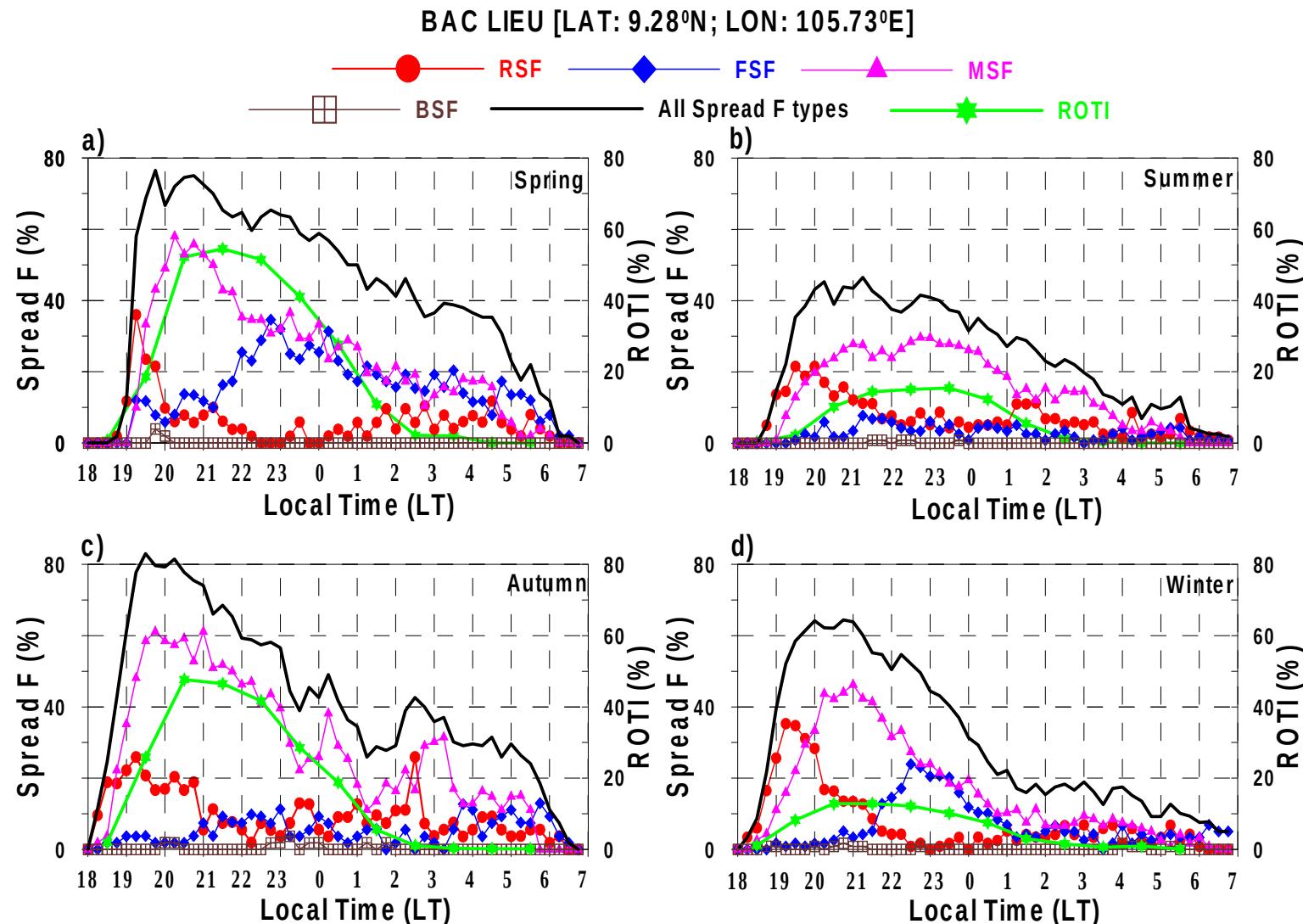
Avec scintillations

Sans scintillations

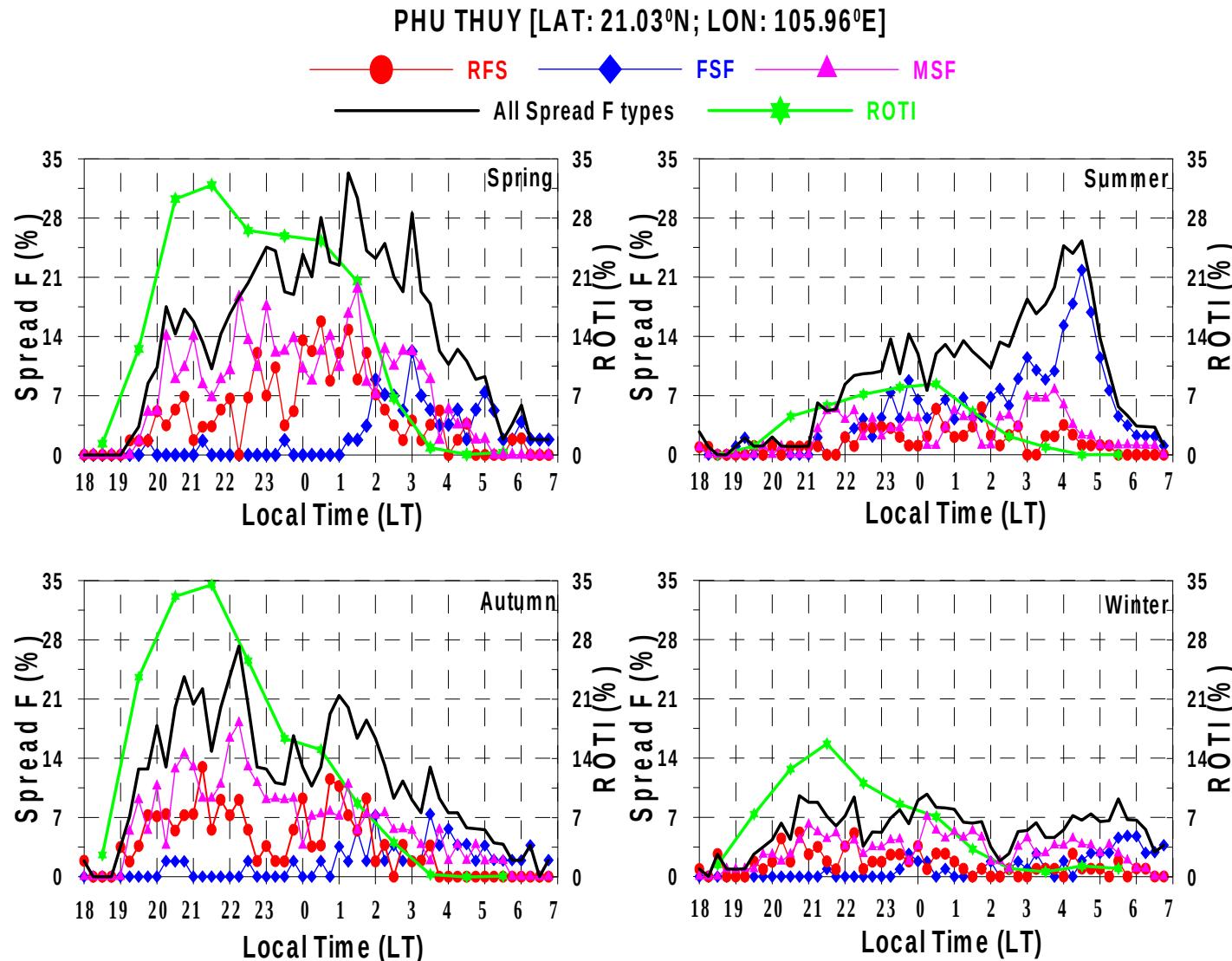
Irrégularité ionosphérique:
 $ROTI \geq 0.5$

Comparer les caractéristiques d'occurrence de chaque type de Spread F et les caractéristiques d'occurrence de ROTI > 0,5 à Bac Lieu et à Phu Thuy, mieux comprendre les caractéristiques des irrégularités ionosphériques observées par de ionosondes et de GPS technologie dans la région équatoriale magnétique.

Variation saisonnière nocturne des valeurs moyennes mensuelles des taux d'occurrence de RSF (cercle rouge), FSF (losange bleu), MSF (triangle rose), BSF (carré marron) et ROTI (étoile verte) en 2023 à la station de Bac Lieu. La ligne continue noire sur chaque graphique montre la variation en heure locale des taux d'occurrence pour tous les types de Spread-F pour chaque saison correspondante



Variation saisonnière nocturne des valeurs moyennes mensuelles des taux d'occurrence de RSF (cercle rouge), FSF (losange bleu), MSF (triangle rose), BSF (carré marron) et ROTI (étoile verte) en 2023 à la station de Phu Thuy. La ligne continue noire sur chaque graphique montre la variation en heure locale des taux d'occurrence pour tous les types de Spread-F pour chaque saison correspondante



Remarque

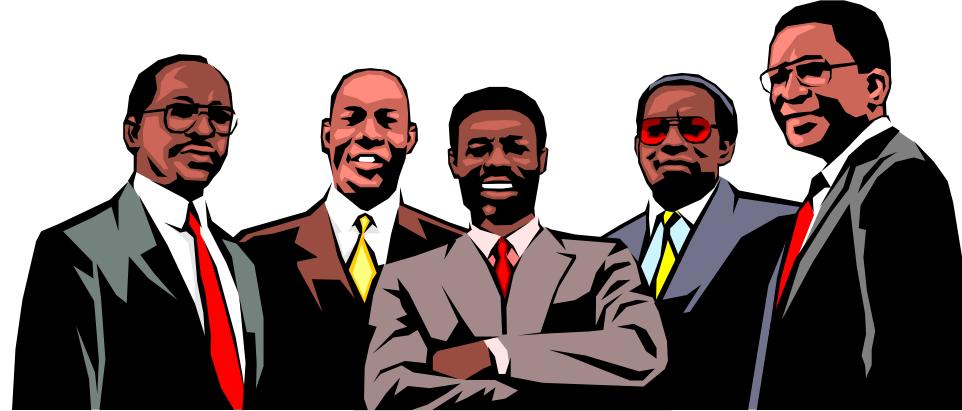
- Après minuit, les occurrences de Spread F sont plus importantes que celles de ROTI aux deux stations; cela implique que les irrégularités à grande échelle (ROTI – quelques kilomètres) s'atténuent tandis que les irrégularités à petite échelle (Spread – F - dizaines de mètres à centaines de mètres) existent toujours, ce qui pourrait être dû à la bifurcation des EPB avant la dissolution.
- Pour des recherches de irrégularités ionosphériques, les mesures par satellite ne suffisent pas, mais des mesures au sol sont nécessaires (ionosondes, radar incohérent, ASI, ...)

Publications

- Hong Pham Thi Thu, C. Amory-Mazaudier, M. Le Huy, S. Saito, K. Hozumi, D. Nguyen Thanh, N. Luong Thi, **2022**. Nighttime morphology of vertical plasma drifts over Vietnam during different seasons and phases of sunspot cycles, *Adv. Space Res.*, **70**, 411-426, <https://doi.org/10.1016>.
- Hong Pham Thi Thu, Christine Amory Mazaudier, Minh Le Huy, Susumu Saito, Dung Nguyen Thanh, Ngoc Luong Thi, Hung Luu Viet, Thang Nguyen Chien, Thanh Nguyen Ha, Michi Nishioka, Septi Perwitasari, **2024**. Occurrence rate of equatorial Spread F and GPS ROTI in the ionospheric anomaly region over Vietnam, *Vietnam J. Earth Sci.*, **46(4)**, 553-569.

Équipe de travail

- Dr. Minh Le Huy, Dr. Hong Pham Thi Thu, Dr. Thanh Le Truong, Dr. Thang Nguyen Chien, Dr. Dung Nguyen Thanh, MS. Thanh Nguyen Ha, MS. Mai Nguyen Thi.
- **Coopération:** Dr. Christine Amory-Mazaudier (Sorbonne Université, France), Dr. Rolland Fleury (Institut Mines-Télécom Atlantique, France), Dr. Patrick Lassudrie-Duchesne (Institut Mines-Télécom Atlantique, France), Dr. Alain Bourdillon (Université de Rennes 1, France), Dr. Vafi Doumbia (Université Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire), Dr. Susumu Saito (Electronic Navigation Research Institute, Japan), Dr. Jyr-Ching Hu (National Taiwan University, Taiwan), Dr. Bor-Shouh Huang (Institute of Earth Sciences, SINICA, Taiwan), Dr. Frédéric Masson (Institut de Physique du Globe de Strasbourg, France), Dr. Kurt Feigl (University of Wisconsin-Madison, USA)...



Merci de votre attention !