

RAPPORT DE L'ÉCOLE DE MÉTÉOROLOGIE DE L'ESPACE

Physique et utilisation des outils, 17-28 Octobre 2022
Université Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire

- ✓ Centenaire de la découverte de l'Électrojet Équatorial
- ✓ Trente ans de l'Année Internationale de l'Électrojet Équatorial
- ✓ 2022



Photo de groupe de l'école

Le Comité éditorial du GIRGEA

École Organisée par

La Société Ivoirienne de Physique (SIPhys), le Laboratoire des Sciences de la Matière et d'Énergie Solaire (LASMES), UFR-SSMT

**Avec le soutien de
International Space Weather Initiative (ISWI)
et
ICG (International Commission of GNSS)**

**Sous le Haut Patronage de
Monsieur le ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Professeur Adama DIAWARA**

Sommaire

I.	Les Comités	page 3
II.	Introduction : les objectifs	page 4
III.	Motivations	page 5
IV.	Cours	page 9
V.	Le Calendrier des cours	page 17
VI.	Les participants et leurs présentations	page 18
VII.	Budget et financement	page 20
VIII.	Perspectives	page 22
IX.	Photos	page 23
X.	Presse	page 26

I. LES COMITES

- Comité d'Honneur

Prof Adama DIAWARA (Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, MESRS) Président,
Prof BALLO Zié (Président de l'Université Félix Houphouët-Boigny), Vice-président

- Comité d'organisation

Vafi DOUMBIA (Directeur Général de l'Enseignement Supérieur), Président
OBROU Kouadio Olivier (Vice-doyen de l'UFR SSMT en charge de la Recherche), Vice-président
Dr KAKOU Modeste (Secrétaire Général de la Société Ivoirienne de Physique, SIPHYS), Vice-Président

Membres du Comité d'organisation

Dr ZAKA Komenan Zacharie (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)
Dr MENE Niangoran Médard (Université Péléforo Gon Coulibaly/ Côte d'Ivoire)
Dr COULIBALY Soro (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)
Dr GRODJI Ostwald (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)
Dr KOUADIO Kouakou (Secrétaire Permanent de la SIPHYS)
Dr BAMBA Adama (Secrétaire Permanent Adjoint de la SIPHYS)
Dr N'GBESSO Yao Josée (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)

Comité scientifique

KOBEA Toka Arsène (Directeur de Cabinet du MESRS, Directeur de Laboratoire), Président
AMORY-MAZAUDIER Christine (LPP/Polytechnique/Sorbonne Univ. France), Vice-Présidente
ZOUÉU Jérémie (1^{er} Vice-président de la Société Ivoirienne de Physique, SIPHYS), Vice-Président
KRE N'Guessan (2^{ème} Vice-président de la Société Ivoirienne de Physique, SIPHYS),
ADOHI Jean-Pierre (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)
OUATTARA Frédéric (université Norbert ZONGO / Burkina Faso),
ZAOURAR Naima (Université Hari Boumediene/Algérie),

Équipe professorale

AMORY-MAZAUDIER Christine (LPP/France)
EMRAN Anas (CRASTE-LF/Maroc)
FLEURY Rolland (IMT Atlantique, Brest /France)
GHALILA Hassen (Faculté des Sciences de Tunis /Tunisie)
GRODJI Franck (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)
HAMMOU Omar Ali (USTBH/Algérie)
KAFANDO Pétronille (Université Joseph Ki-ZERBO /Burkina Faso)
KLEIN Ludwig (LESIA, France)
KOMENAN Zaka (Université Félix Houphouët-Boigny/ Côte d'Ivoire)
LE CONTEL Olivier (LPP/ France)
LE HUY Minh (Institut de géophysique de Hanoï /Vietnam)
OBROU Kouadio Olivier (Vice-doyen de l'UFR SSMT en charge de la Recherche)
PITOUT Frédéric (IRAP/ France)
SOULA Serge (Université Paul Sabatier / France)
ZERBO Jean Louis (Université Nazi BONI/ Burkina Faso)

II. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet international ISWI (International Space Weather Initiative), en collaboration avec le GIRGEA, la 5^{ème} école IMAO (ISWI Maghreb Afrique de l'Ouest) sera organisée à l'Université Houphouët Boigny à Abidjan, en octobre 2022.

L'objectif principal de cette école est d'améliorer le niveau d'expertise des étudiants de la sous-région pour leur permettre de participer et de contribuer aux projets internationaux. Les deux points clef sont :

- 1) la compétence pour utiliser les jeux de données déjà existants et les outils relatifs aux études d'environnement terrestre ; il existe de nombreuses données concernant l'environnement et la géophysique. **On estime l'utilisation des données existantes à moins de 10%.** Ces données, en utilisant de nouvelles technologies, la connaissance des phénomènes physiques, les différentes modélisations, sont la source de travaux scientifiques originaux.
- 2) Le développement et l'utilisation, par les scientifiques du Maghreb et de l'Afrique de l'Ouest, des résultats des études alliant les sciences de l'environnement et le développement durable en combinant les données sol avec des données satellitaires - par exemple pour les études de géophysiques, les télécommunications, le positionnement etc...

Pour atteindre ces objectifs les cours comprendront :

- 1) Une partie scientifique pour la compréhension des mesures, des informations qui peuvent être extraites des données et des exemples d'applications dans différents domaines.
- 2) Une partie informatique sur les algorithmes utilisés, leur performance, et leur installation.
- 3) Des travaux pratiques informatiques pour l'utilisation des algorithmes et des bases de données sol et satellitaires.
- 4) L'utilisation des modèles comme TIEGCM, CTPIM, IRI, NeQuick, IGRF.
- 5) Exposés d'informations sur les nouvelles technologies utilisées dans ce domaine comme la Grille de calcul, les services Web, les bases de données

Pour atteindre ces objectifs, nous proposons une école permettant de découvrir et d'utiliser :

- 1) Toutes les possibilités des mesures du réseau sol de stations GNSS, radar et autres instruments implantés en Afrique et dans le monde, ainsi que les mesures disponibles via internet :
 - a. Les études de l'ionosphère et de l'impact du Soleil sur l'environnement ionisé terrestre (Année Internationale de l'Héliosphère et projet ISWI) ;
 - b. Exploiter d'autres instruments pour le développement.
- 2) Les systèmes d'information géographiques qui permettent la gestion et la visualisation des données spatiales dans tous les domaines.
- 3) Le développement de bases de données locales et l'utilisation des bases de données existantes via internet et une introduction aux nouvelles technologies.

Cette école a pour objet de développer l'analyse de données en Afrique et ainsi de rentabiliser de nombreux projets existant (IHY : *International Heliophysical Year*, ISWI : *International Space Weather Initiative*, etc...).

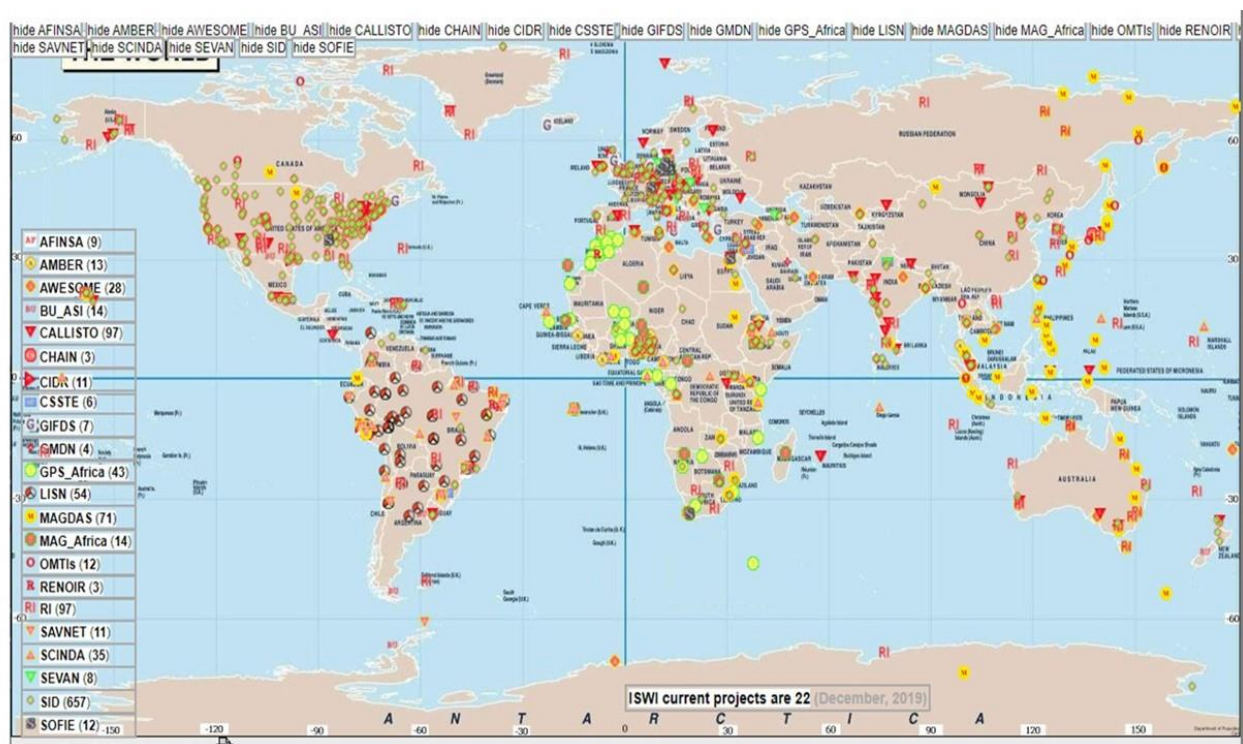
Elle offrira également une opportunité aux chercheurs et scientifiques du Maghreb et de l'Afrique de l'Ouest qui désirent apprendre ou acquérir la compétence pour utiliser les jeux de données déjà existants et les outils relatifs aux études de Météorologie de l'Espace, de participer et contribuer aux projets internationaux.

Les écoles IMAO permettent aussi de réunir les jeunes chercheurs des différents pays pour tisser des relations de collaborations durables et fructueuses.

III. MOTIVATIONS

1. Réseaux d'instruments en Afrique et dans le monde

Après le projet « Année Héliophysique Internationale 2007-2009, le programme International Space Weather Initiative ISWI (2010-2012) a continué le développement des réseaux d'instruments sur le continent africain et dans le monde et notamment des réseaux de stations GNSS, de magnétomètres, de radars, etc.... (Voir figure ci-dessous du site <http://www.iswi-secretariat.org>).



Le GIRGEA (Groupe International de Recherche en Géophysique Europe Afrique www.girgea.org) présent en Afrique depuis plus de 30 ans a développé des équipes de recherches dans différents pays en Afrique (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Algérie, Egypte, Maroc, RDC ...) et en Asie (Vietnam, Népal, Pakistan).

En zone tropicale et équatoriale, il est nécessaire de connaître les contributions de l'ionosphère (couche ionisée entourant la Terre et située entre 90 et 1000 km) et de l'atmosphère au signal GNSS pour de nombreuses et diverses applications, car la traversée de ces deux milieux perturbe les signaux reçus.

Cette école sera centrée sur les applications des GPS pour étudier l'impact du Soleil sur les couches ionisées de l'atmosphère.

L'adoption des technologies de l'information et de la communication (TIC) et l'accès à l'Internet sont en pleine expansion en Afrique, mais à cause de leur accroissement rapide partout dans le monde, la fracture numérique entre l'Afrique et le reste du monde persiste. Aussi il est important d'informer et de former les scientifiques et étudiants sur les bases de données (création et utilisation de celles existantes), la surveillance du réseau Internet afin de vérifier son évolution, et l'accès aux calculateurs et à la grille de calcul pour leur permettre d'exploiter leurs données, d'exécuter leurs simulations, et de collaborer avec des équipes du monde entier.

2. Formation : ECOLE de METEOROLOGIE DE L'ESPACE

Le GIRGEA a déjà organisée des écoles en Côte d'Ivoire (1995, 2017), en République du Congo (2009), en Egypte (2010), en RDC (2011), en Algérie (2013), au Maroc (2010, 2014, 2015), au Sénégal (2019). Tous les rapports des écoles précédentes sont sur le site www.girgea.org.

Les écoles ont pour but :

- 1) d'initier les étudiants aux relations Soleil-Terre et à la Météorologie de l'Espace avec des spécialistes de différentes disciplines (physique du Soleil, vent solaire, magnétosphère, ionosphère, troposphère et champ magnétique interne et externe),
- 2) d'analyser les données existantes dans ces différentes disciplines à l'aide d'outils numériques, grille de calcul, serveur de données, internet, ressources de calcul intensif,
- 3) de développer des mini-projets scientifiques étudiants sur un événement donné,
- 4) d'apprendre la gestion d'un projet, le déroulement des thèses et des publications scientifiques, de participer à des appels d'offre nationaux ou internationaux,
- 5) de promouvoir l'échange et la coopération entre étudiants de différentes nationalités,
- 6) de publier dans des revues avec référés malgré le coût parfois difficile à trouver.

3. Le Projet

L'école s'adresse à 40 participants des Universités d'Afrique de l'Ouest et du Maghreb. Les participants retenus doivent avoir déjà des bases en informatique et en base de données.

Cette école a pour objectif de permettre aux participants de :

- Maîtriser la manipulation du GPS et la collecte de l'information sur le terrain ;
- Maîtriser l'exploitation des données GPS selon leur domaine de compétence et les applications possibles,
- Initiation à la cartographie et la maîtrise des fonctionnalités de bases et avancées des SIG avec différents logiciels standards,
- Favoriser la synergie entre le SIG et le GPS.

Au terme de cette formation, les participants doivent être à mesure de :

Pour la Météorologie de l'Espace

- Bien analyser l'activité solaire et ses conséquences sur l'environnement terrestre et les systèmes qui s'y rattachent.

Pour le GNSS

- Savoir utiliser un GPS (différentes fonctionnalités de l'instrument, installation) ;
- Quantifier les différentes erreurs dans la précision du positionnement et d'analyser les systèmes de corrections de type GNSS différentiel local ou par satellite géostationnaire;
- Savoir exploiter les mesures au sol ou à bord de satellites/sondes pour des études morphologiques de l'atmosphère, de l'ionosphère et de la géodésie ;
- Analyser les différents systèmes de navigation par satellite existants et leurs évolutions;
- Connaître les différents domaines d'application.

Pour les SIG

- Constituer une base de données géographiques (ouverture et création de couches, scannage, digitalisation, structuration et organisation des données géographiques, modification ou suppression d'objets graphiques, changement de coordonnées et manipulations des systèmes de projection, géo-référencement, intégration des points GPS dans un fond de carte existant) ;
- Réaliser des analyses thématiques et analyses spatiales (Restitution cartographique) ;
- Connaître les équivalences entre logiciels (principes et terminologie).

Pour les GPS et les SIG

- Savoir prendre en charge : enregistrement, identification, stockage, recherche des coordonnées de points sur le terrain, report de points, etc... ;
- Connaître les bases de données intéressantes dans les divers domaines abordés ;
- Savoir collecter des données terrains à partir d'un GPS et les transférer dans un SIG ;

Pour les nouvelles technologies

- Connaître les ressources de calculs disponibles et les techniques sous-jacentes ;
- Savoir comment créer des bases de données et les portails pour y accéder ;
- Avoir un support technique pour la surveillance du réseau ;
- Participer et collaborer à l'effort mondial des nouvelles technologies.

Les applications pratiques devront être basées sur des données thématiques variées et concerner les domaines d'intérêt national.

Une analyse des besoins ciblés des participants et de leur niveau sera faite dès l'ouverture des inscriptions.

Nous recommandons aux étudiants inscrits de venir avec leur PC portable.

Le contenu des différents cours est généralement fourni en fin de chaque séance.

Les participants seront des étudiants de maîtrise, des thésitifs et du personnel universitaire ou d'autres organisations nécessitant une mise à niveau de leur formation.

La prochaine école sera organisée en 2024, plusieurs pays d'accueil ont été choisis : Algérie, Bénin, RDC, Tunisie.

IV. COURS

IV.1 Plan cours Le Soleil – Karl-Ludwig Klein

[Ludwig.klein@obspm.fr]

4 cours : 6h, 2 TP 3h

Cours n°1 : 1h30

Le Soleil : du cœur au vent solaire

Structure interne

- Génération et transport radiatif d'énergie
- Convection

L'atmosphère solaire

- Quelques observations illustratives : photosphère, chromosphère, couronne
- Profil de température
- Abondances et états d'ionisation
- Modèles hydrostatiques de l'atmosphère solaire

Le vent solaire

- Limites du modèle hydrostatique de la couronne
- Description hydrodynamique du vent solaire
- Observations

Cours n°2 : 1h30

Le Soleil : champ magnétique

Manifestations observationnelles et interaction avec le plasma

- Observations dans la photosphère : taches solaires et effet Zeeman
- Structuration du champ magnétique par les mouvements du gaz dans et au-dessous de la photosphère
- Structuration de la couronne par le champ magnétique
- Le champ magnétique du vent solaire : modèle de Parker
- Structuration du milieu interplanétaire`

Couplage photosphère-chromosphère-couronne, processus de chauffage de l'atmosphère solaire

Cours n°3 : 1h30

Le Soleil : activité éruptive et particules de haute énergie

- Les éruptions solaires («solar flares »)
- Aperçu des processus de stockage et dissipation d'énergie
- Les éjections coronales de masse (« CMEs »)
- Les particules de haute énergie

Cours n°4 : 1h30

Le Soleil : cycle(s) d'activité

- Cycle d'activité : indice des taches, F10.7, forme de la couronne, champ magnétique héliosphérique
- Variation de l'activité solaire à long terme
- Régions actives et champ magnétique global du Soleil
- Un aperçu qualitatif d'un mécanisme dynamo (Babcock-Leighton)

TP n°1 : 1h30
Couronne et vent solaire

Le Soleil : étudier l'origine du vent solaire rapide en comparant des mesures in situ avec des images de la couronne solaire

- Sources de données sur le vent solaire (ici en particulier ACE) et images de la couronne solaire
- Tracer (avec les outils du site web) la densité et la vitesse du vent solaire, 9-16/04/2016
- Identifier un courant de vent solaire rapide
- Estimer le temps de parcours de ce courant entre le Soleil et le satellite
- Examiner l'image de la couronne solaire en EUV aux alentours de l'instant de départ du plasma du Soleil, identifier la structure d'origine du vent solaire rapide
- Examiner l'évolution de la densité des protons autour de l'arrivée du vent solaire rapide à ACE
- Examiner un intervalle plus large de temps d'ACE pour identifier la récurrence du vent solaire rapide
- Calculer le départ au Soleil pour une de ces dates
- Examiner l'image de la couronne et confirmer l'identification de la structure émettant le vent solaire rapide.

TP n°2 : 1h30

Le Soleil : éjections coronales de masse

- Comment mesurer leur vitesse ? La vitesse mesurée dans les images est une projection sur le plan du ciel
- Géométrie des coordonnées héliographiques. Angle d'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil sur l'écliptique.
- Présentation d'un modèle géométrique 3D simple ("cone model"), relation entre la vitesse dans le plan du ciel et la vitesse 3D.
- Application à un cas : de la vitesse dans le plan du ciel (catalogue) à l'estimation 3D

Plan du cours : Magnétosphère terrestre – Olivier Le Contel

[olivier.lecontel@lpp.polytechnique.fr]

3 cours : 4h30, 2 TP : 3h

Le cours est divisé en 3 parties.

Partie I : Introduction à la physique des plasmas

L'objectif de ce cours introductif est de présenter des notions de physique des plasmas nécessaires à la compréhension de la description de la magnétosphère terrestre qui suivra.

1. Qu'est-ce qu'un plasma ?
2. Comment décrire les plasmas ?
3. La dynamique des particules chargées

Partie II : La structure de la magnétosphère

L'objectif de ce cours est de présenter la morphologie globale de la magnétosphère terrestre, l'origine physique et la nature des différentes régions qui la composent.

1. Quelques notions sur le vent solaire

2. Le choc amont et la magnétogaine
3. La magnétopause
4. La convection magnétosphérique
5. Courants et régions de haute latitude
6. La magnétosphère interne

Partie III : La dynamique magnétosphérique

L'objectif de ce cours est de présenter les différents modes de fonctionnement dynamiques de la magnétosphère terrestre afin de savoir les identifier dans un ensemble de données.

1. Les sous-orages magnétosphériques
2. Les orages magnétiques

TP 1&2 – Installations (Linux et Windows) et utilisation de la bibliothèque pyspedas (python) en accès libre (<https://github.com/spedas/pyspedas>) pour la visualisation et l'analyse des données spatiales et sol relatives à la météorologie de l'espace.

IV.3 Plan du cours de Frédéric Pitout

[frederic.pitout@irap.omp.eu]

2cours : 3h, 2 TP : 3h

Quelques éléments méthodologiques

Que veut dire « faire de la recherche » ?

Bonnes pratiques en recherche : éthique, intégrité et déontologie

Publications : pourquoi, comment et où publier

Interprétation de données : tendance et barres d'erreur, corrélation et causalité

Biais cognitifs et esprit critique

Introduction à l'ionosphère (aurorale)

Les couches atmosphériques

Photoionisation et modèle de Chapman

Les couches ionosphériques

Collisions et conductivités

Ionosphère des hautes latitudes et couplages VS-M-I

Équilibre énergétique

Précipitation de particule

Émissions lumineuses

Convection magnétosphérique

Couplages pour diverses orientations de l'IMF

Observation de l'ionosphère

Instruments au sol

Instrumentation spatiale

TP1 : CDP

Présentation des outils du Centre de Données de la Physique des Plasmas

Manipulation d'AMDA

TP2 : Orage d'Halloween

Observation et effets d'un *flare* sur l'environnement spatial terrestre

Éjection coronale de masse et ses effets

Doses reçues dans les vols commerciaux

IV.4 Plan du Cours Rolland Fleury

[rolland.fleury@telecom-bretagne.eu]

3 cours : 4h30, 3 TP : 4h30 (dont 1 TP sur l'utilisation des GPS pour étudier l'atmosphère)

Cours 1 : GPS et ionosphère

1. L'ionosphère
2. La propagation trans-ionosphérique
3. Le système GPS
4. Le format RINEX

Cours 2 : La modélisation du VTEC

1. Le modèle de Klobuchar
2. Le site MADRIGAL
3. Les modèles GIM
4. Le format IONEX
5. Le modèle NeQuick
6. Le modèle IRI

Cours 3 : La scintillation ionosphérique

1. Définitions
2. Les EPB
3. L'occurrence
4. Les indices S4, sigma-phi, ROTI
5. Des exemples
6. S4 et ROTI mesurés en Côte d'Ivoire

TP1 : Utilisation de mon logiciel Matlab (tec_not_igs.m) pour calculer le VTEC mono-station à partir des mesures de pseudo-distances,

TP2 : suite TP1 + utilisation du logiciel LEICA pour représenter les cartes GIM

Cours 4/TP : Troposphère et GPS

1. Morphologie
2. Influence sur la propagation GNSS
3. IWD/PWD avec mesures sol
4. ZTD avec GNSS
5. Fichiers internet de résultats IGS

IV.5 Cours Jean-Louis Zerbo

[JeanLouis.zerbo@gmail.com]

1 cours : 1h30

Classification de Legrand et Simon sur Activité solaire et géomagnétisme

IV.6 Cours Christine Amory-Mazaudier

[christine.amory@lpp.polytechnique.fr]

3 cours : 1h30 : intro + 2 fois 45 minutes

Le processus de dynamo dans le système Terre-soleil : Introduction à l'école

La Fontaine équatoriale

Les indices magnétiques et le couplage haute et basse latitude DDEF

IV.7 Cours de Zaka Komenan

[komzach@yahoo.fr]

1 cours : 45 minutes

Couplage Magnétosphère-Ionosphère : cas de la pénétration directe du champ électrique de convection magnétosphérique". PPEF

IV.8 Plan du cours de Franck Grodji

[franckgrodji@gmail.com]

1 cours : 1h30

Les conductivités de l'ionosphère

1. densités des particules neutres et chargées dans l'ionosphère
2. les forces agissant sur les électrons et ions
3. mouvements des électrons et des ions en présence d'un champ électrique
4. loi d'Ohm : composantes directes, Pedersen et Hall de la conductivité
5. variation des composantes de la conductivité en fonction de l'altitude
6. variation de la conductivité en fonction de l'heure locale, saison et cycle solaire

Le mécanisme dynamo ionosphérique

1. équations de Maxwell
2. supposition de champ électrique électrostatique
3. supposition de courant continu
4. champ électrique dans le repère du gaz mouvant
5. génération du champ de polarisation

L'électrojet équatorial

1. établissement du champ électrique vertical de polarisation
2. courant électrique de l'électrojet
3. perturbations magnétiques associées à l'électrojet
4. influence des irrégularités de plasma sur le champ de polarisation et sur le courant
5. modèle bidimensionnel d'électrojet
6. influence d'un vent est-ouest constant sur l'électrojet
7. influence d'un vent est-ouest, variable en altitude, sur l'électrojet

Les Courants telluriques/effet d'un 'Solar Flare'

IV.9 Cours de Le Huy Minh

[lhminhigp@gmail.com]

2 cours : 1h30 + 45 minutes

Utilisation du GNSS au Vietnam

- Réseau de GPS au Vietnam
- Études de l'ionosphère
- Études du mouvement de la croûte terrestre
- Études de la vapeur d'eau de la troposphère

Études des données magnétiques et ionosphériques au Vietnam

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

IV.10 Cours Emran Anas sur les Systèmes d'Information géographiques

[craste@emi.ac.ma]

1 cours : 1h30, + 1h

1. Aspects théoriques (cours)

- Introduction aux SIG : définitions, démarches méthodologiques, modélisation et structurations des données spatiales ;
- Notion de Système de coordonnées dans le SIG et le GPS
- Quelques exemples de montage de SIG à partir de GPS

2. Présentation du CRASTE-LF

Le Centre Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Espace en Langue Française (CRASTE-LF), affilié à l'ONU

IV.11 Plan du cours de Hassen Ghalila : Propagation des ondes Très Basses Fréquences (TBF) dans le guide d'onde Terre-Ionosphère,

[hassen.ghalila@gmail.com]

cours : 1h30, 1 TP : 1h30

1. Cours

- Guide d'onde Terre-Ionosphère
- Propagation des ondes TBF et EBF dans le guide d'onde
- Réponses de l'ionosphère aux sollicitations terrestre et extra-terrestre

2. TP

- Installation du code LWPC (Long Wavelength Propagation Capabilty)
- Application : Coucher-Lever du Soleil
- Application : Éruption solaire

IV.12 Plan du cours de Serge Soula

[serge.soula@aero.obs-mip.fr]

2 cours de 1h30 et 2 TP de 1h30

Cours : Développement, organisation, électrification et activité électrique des nuages d'orages

- * Développement du nuage d'orage
- * Dynamique et organisation des orages
- * Électrification du nuage d'orage
- * Les éclairs
- * Détection des éclairs
- * Climatologie des éclairs
- * Décharges d'altitude - TLE (Sprites, Elves, Jets)

TP n°1

Utilisation d'une base de données des éclairs détectés par le capteur optique spatial LIS sur l'ISS

- Sélection d'une zone géographique et d'une période d'observation
- Analyse des données affichées et calcul de grandeurs caractéristiques de l'activité d'éclair
- Récupération des données et représentation de la variation spatio-temporelle de l'activité d'éclairs

TP n°2

Traitement de données pour un événement TLE et identification de ce TLE en référence au cours

- Récupération des fichiers d'informations sur l'évolution de quatre paramètres en fonction du temps
- Identification et compréhension des quatre paramètres, trois pour l'éclair et un pour la luminosité du TLE
- Tracé des évolutions sur Excel, choix et optimisation de la représentation, sur un ou deux graphes
- Analyse et identification du type de TLE

Plan cours Thermodynamique de l'atmosphère – Pétronille Kafando

[kafandopetronille@yahoo.fr]

1 cours : 1h30 et 1 TP : 1h30

Cours 1h30

I/ Thermodynamique de l'atmosphère (1h)

- 1) Composition chimique de l'atmosphère de la Terre
- 2) Les variables d'état de l'atmosphère
- 3) Les échanges d'énergie au sein de l'atmosphère
- 4) Les transformations de l'air atmosphérique conduisant à la formation des nuages
- 5) Stabilité et instabilité dans l'atmosphère
- 6) Énergie convective et énergie d'inhibition

II/ Ondes de gravité atmosphériques (30 minutes)

Présentation de quelques résultats de l'étude des ondes de gravité dans la basse stratosphère de l'Afrique de l'Ouest

TP : 1h30

- 1) Prise en main de l'émaigramme 761

- 2) Exercice 1 : Analyse de l'état de saturation d'une parcelle d'air ; Détermination graphique du point de rosée, du point de condensation et de la masse d'eau condensée.
- 3) Exercice 2 : Tracé de la courbe d'état relative à un radiosondage ; Détermination graphique du rapport de mélange et du rapport de mélange saturant ; Analyse des conditions de formation des nuages ; Détermination de la base et du sommet des nuages ; Détermination de la masse d'eau condensée dans un nuage.

V. CALENDRIER DES COURS

SEMAINE 1

Horaire	Lundi 17	Mardi 18	Mercredi 19	Jeudi 20	Vendredi 21	Samedi 22
09h-9h45		Soleil L. K.	Magnétosphère O. L.	Soleil L. K.	GPS ionosphère R. F.	Ionosphère aurorale F. P.
9h45-10h30	Ouverture	Soleil L. K.	Magnétosphère O. L.	Soleil L. K.	GPS ionosphère R. F.	Ionosphère instrumentation F. P.
10h30-11h	pause	pause	pause	pause	pause	pause
11h-11h45	Intro : 4 dynamos C A-M	Magnétosphère O. L.	Soleil L.K.	Magnétosphère O. L.	Quelques conseils méthodologiques F. P.	GPS ionosphère R. F.
11h45-12h30	Intro : 4 dynamos C A-M	Magnétosphère O. L.	Soleil L. K.	Magnétosphère O. L.	Ionosphère introduction F. P.	GPS ionosphère R. F.
12h30-14h	repas	repas	repas	Repas	Repas	Repas
14h-14h45	Géomagnétisme J-L. Z.	Magnétosphère O. L.	Soleil L. K.	TP Soleil L. K.	GPS Ionosphère TP R. F.	TP CDPF F. P.
14h45-15h30	Géomagnétisme J-L. Z.	Magnétosphère O. L.	Soleil L. K.	TP Soleil L. K.	GPS Ionosphère-TP R. F.	TP CDPF F. P.
15h30-16h	pause	pause	pause	pause	pause	pause
16h-16h45	Soleil L. K.	Magnétosphère O. L.	Fontaine Equatoriale C. A-M	TP Soleil L. K.	Exposés étudiant	
16h45-17h30	Soleil L. K.	Magnétosphère O. L.	Fontaine Equatoriale R. F.	TP Soleil L. K.	Projets	
17h30-18h00			Session poster	Session Poster		

SEMAINE 2

Horaire	Lundi 24	Mardi 25	Mercredi 26	Jeudi 27	Vendredi 28
9h-9h45	Indices magnétiques C. A-M	Etude données Magnétiques Vietnam M. L-H	Atmosphère P. K.	Atmosphère S. S.	Quel appui du digital à l'hybridation des formations de l'IMAO en météorologie de l'Espace Pr Kouame
9h45-10h30	Electrodynamique C. A-M	Electrodynamique PPEF Z. K.	Atmosphère P. K	Atmosphère S. S.	
10h30-11h	pause	pause	pause	pause	pause
11h-11h45	GNSS au Vietnam M. L-H	Atmosphère H. G.	Atmosphère S. S.	GPS TP atmosphère R. F.	Atmosphère TP – P. K.
11h45-12h30	GNSS au Vietnam M. L-H	Atmosphère H. G.	Atmosphère S. S.	GPS TP atmosphère R. F.	Atmosphère TP - P. K.
12h30-14h	Repas	Repas	Repas	Repas	Repas
14h-14h45	TP CDPF F. P.	SIG E. A.	Electrodynamique Equatoriale EEJ - F. G.	Atmosphère TP H. G.	13h30-14h Clôture de l'école Décisions
14h45-15h30	TP CDPF F. P.	SIG E. A.	Informations ICTP, SCOSTEP, AGS O. O.	Atmosphère TP H. G.	Après-midi libre
15h30-16h	pause	pause	pause	pause	
16h-16h45	GPS ionosphère TP R. F.	SIG TP E. A.	Atmosphère S. S.	TP Atmosphère S. S.	
16h45-17h30	GPS ionosphère TP R. F.	SIG TP E.A.	Atmosphère S. S.	TP Atmosphère S. S.	
17h30-18h00	Session poster	Session poster	Session poster	Session poster	

VI. Les participants et leurs présentations

VI. 1 Participants invités

N°	Noms et Prénoms	Pays
1	ALI Mahamat Nour /n'est pas venu nouralimht@yahoo.fr	Tchad
2	ALQEEQ Soboh soboh.al-qeeq@lpp.polytechnique.fr	Palestine/ France
3	BARAKA Mohammed mohammed.baraka@lpp.polytechnique.fr	Palestine/France
4	BOUNGOU POATY Jocelyn Franck P. jocelynfranck67@gmail.com	Rep. Congo
5	DAMA Alfred Jean Stéphane stephane.dama2125@gmail.com	Burkina Faso
6	FAYE Pauline Sanou fayepaulinesanou@gmail.com	Sénégal
7	GAYE Idrissa idrissagaye3@hotmail.com	Sénégal
8	GNABAHOU Doua Allain g nabahou@yahoo.fr	Burkina Faso
9	GUIBULA Karim Kariguib92@gmail.com	Burkina Faso
10	KOLIE OuouOuo 1 ouououokobelak@gmail.com	Guinée
11	MUKANDILA NGALULA Raphaël mukandilangalula@unistra.fr	RDC / France
12	NDACYAYISENGA Théogene ndacyatheogene@gmail.com	Rwanda
13	OUEDRAOGO Pouraogo Edouard opedouard1@gmail.com	Burkina Faso
14	PAHIMA Tinelé pahimatinle@gmail.com	Burkina Faso
15	SAMBA Prefina Risiany Rachelle rachellesamba27@gmail.com	Rep. Congo
16	GNANOU Inza, g nanouinza@gmail.com	Burkina faso
17	SAWADOGO Wambi Emmanuel sawwemma1@yahoo.fr	Burkina Faso
18	SEBEGO Ange Hubert sebegoange@gmail.com	Burkina Faso
19	TAPSOBA Estelle Valérie estelle.v.tapsoba@gmail.com	Burkina Faso
20	TCHANA Christian Brice tchana.christianbrice@yahoo.fr	Cameroun
21	ZOUNDI Christian zounchr@yahoo.fr	Burkina Faso
22	KOUASSI N'Guessan nguessank23@yahoo.fr	Côte d'Ivoire
23	DIABY Kassamba Abdel Aziz diabyaziz@yahoo.fr	Côte d'Ivoire
24	KOUADIO Konan Fernand fernandkouadiokonan@gmail.com	Côte d'Ivoire
25	MARC Harris Yao Fortune marcharrisyaofortune@yahoo.fr	Côte d'Ivoire
26	TAO Abdoyl Ganiyou abdoulgany23@gmail.com	Côte d'Ivoire
27	TUO Zié zietuo@hotmail.fr	Côte d'Ivoire
28	MAHE Alberte Stéphane delangemahie@gmail.com	Côte d'Ivoire
29	DIABRE Inoussa diabreinoussa@gmail.com	Côte d'Ivoire
30	DE Ninwo Fabrice ninwofabriced@gmail.com	Côte d'Ivoire
31	AHOUA Malan Sylvain ahouasylvanomax@gmail.com	Côte d'Ivoire

VI.2 Présentations des participants

Jour	Présentateur
Mercredi 19 octobre 17h30-18h	Alain GNABAHOU Burkinasat 1 : le premier nanosatellite au Burkina Faso Edouard OUEDRAOGO Extraction du TEC à partir des données GNSS-CORS de la station BF01 au Burkina Faso Raphaël MUKANDILA Analyse des données GNSS de l'Afrique de 1994 à 2017, caractérisation de mouvement et déformation active
Jeudi 20 octobre 17h30-18h	Mohammed BARAKA Study of a dayside magnetopause reconnection event detected by MMS and related to a large scale solar wind perturbation and cold ions Jocelyn BOUNGOU POATY Contribution des paramètres du vent solaire à la variation de l'activité ionosphérique en zone équatoriale africaine
Vendredi 21 octobre 16h-18h	Soboh ALQEEQ Fronts de Dipolarisation observés par MMS dans la queue géomagnétique Inza GNANOU Dynamique énergétique de la magnétosphère terrestre via les vents solaires rapides cas des cycles solaire 20 à 23 Raphaël MUKANDILA (Projet) GNSS network pour le GIRGEA
Lundi 24 octobre 17h30-18h	Christian ZOUNDI Etude de l'orage géomagnétique du 17 avril 2015 à partir des mesures de Koudougou Harris Yao MARC Galaxies formant activement des étoiles vs Galaxies dominées par l'activité du noyau
Mardi 25 octobre 17h00-18h	Christian TCHANA Estimation des courants géomagnétiques induits à partir des données des magnétomètres en Afrique centrale Théogène NDACYAJIESNGA An observational overview of Type II radio burst with the e-Callisto and analysis of their space weather effects during the ascending phase of cycle 25 Tinlé PAHIMA Variabilité du TEC lors de l'activité fluctuante durant le cycle solaire 24 à la station de Koudougou Ange SEBEGO Investigations sur le vieillissement des modules solaires photovoltaïques en climat tropical sahélien Idrissa GAYE Travaux de recherche à l'Université de Thiès au Sénégal
Mercredi 26 octobre 17h30-18h	Prefina SAMBA Interaction eau superficielle et eau souterraine dans le milieu karstique en république du Congo et leur relation avec les structures structurelles. Koliè OUOOUO Analyse des températures et de la pluviométrie dans le cadre du réchauffement climatique dans la commune urbaine de N'Zerekore Kassamba Abdel DIABY Association ivoirienne d'Astronomie
Jeudi 27 octobre	Emmanuel SAWADOGO Effets l'activité récurrente sur la variation diurne de f_0F_2 à la station de Ouagadougou pour

17h30-18h	les cycles solaires 20 et 22 Estelle TAPSOBA Etude de la variabilité du TEC durant les périodes de calme magnétique au cours du cycle solaire 24 Abidima DIABATE Variation de la fréquence critique foF2 à Ouagadougou pendant les activités magnétiques de corotation et de nuages magnétiques Nguessan KOUASSI Induction électromagnétique associées aux évènements solaires éruptifs aux basses latitudes. Alfred DAMA Etude de la variabilité du champ électrique de la convection magnétosphérique en période d'activité récurrente durant le cycle 24. Zié TUO Variation longitudinale de l'EEJ à partir des données du satellite CHAMP.
-----------	---

VII BUDGET

En ce qui concerne le financement des écoles, le GIRGEA est un réseau qui n'a pas d'infrastructure permanente et qui ne gère que des écoles de formation dans le cadre de grands projets avec l'aide de différents laboratoires et de structures internationales.

Les billets pour étudiants et les professeurs sont pris en charge par différentes organisations (CNRS, SCOSTEP, ICTP, ICG, Laboratoires des professeurs et Universités).

V.I. Budget local pris en charge par la Côte d'Ivoire (estimation provisoire)

Chapitre	Quantité	Description	P.U.	Montant
Imprimés	75	Stylo à bille	fr. 200	fr. 15 000
	75	Chemise à rabat	fr. 1 000	fr. 75 000
	10	Rame de papier	fr. 5 000	fr. 50 000
Restauration	840	Pause café	fr. 1 500	fr. 1 260 000
	520	Déjeuner {Entrée/résistance/eau minérale/dessert/eau en salle)	fr. 7 000	fr. 3 640 000
Transport et logistique	1	Véhicule de type Mini Bus	fr. 500 000	fr. 500 000
	10	Salle de Conférence	fr. 50 000	fr. 500 000
Hébergement	280	Hébergement (20 chambres de 2 lits pour 14 nuits)	fr. 30 000	fr. 8 400 000
	104	Hébergement (12 chambres de lit pour périodes variables de 4 à 13 nuits)	fr. 50 000	fr. 5 200 000
Honoraire	104	Professeurs (Diner)	fr. 140 000	fr. 1 040 000
	40	Auditeurs (Diner)	fr. 98 000	fr. 3 920 000
				fr. 24 600 000
				~Eu. 37 850

V.2 Billets d'avion pour les professeurs et les participants

Financement	Billets achetés (AR)	Financement
UN- ICG International Commission of GNSS	<u>6 billets</u> Tunis-Abidjan Hanoï-Abidjan Dakar-Abidjan Rabat-Abidjan Brazzaville-Abidjan Ouagadougou-Abidjan	~ 5450€
SCOSTEP Scientific Committee on Solar Terrestrial Physics	<u>6 billets</u> Alger-Abidjan Kigali-Abidjan Ndjamena- Abidjan Strasbourg-Abidjan Ouagadougou-Abidjan Ouagadougou-Abidjan	5000€
ICTP International Centre for Theoretical Physics	<u>3 billets</u> Yaoundé-Abidjan Brazzaville-Abidjan Conakry-Abidjan	2500€
INSU /France Institut National des Sciences de l'Univers	<u>2 billets</u> Paris-Abidjan Toulouse Abidjan	2700€
CNFGG /France Comité National Français de Géodésie et Géomagnétisme	<u>2 billets</u> Paris-Abidjan Brest-Abidjan	1500€
LPP /CNES/ France Laboratoire de Physique des plasmas	<u>3 billets</u> Paris-Abidjan	2265€
Université Norbert Zongo Burkina Faso	2 billets Ouagadougou-Abidjan	1038€
Membres du GIRGEA	<u>1 billet</u> Ouagadougou-Abidjan	535€
Laboratoire d'aérodynamique France	<u>1 billet</u> Toulouse -Abidjan	1580€
MESRSI Ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation Burkina Faso	2 billets Ouagadougou-Abidjan	1038€
Université Iba Der Thiam de Thiès - Sénégal	<u>1 billet</u> Dakar-Abidjan	450 €
Total		24 056 €

VIII. PERSPECTIVES

Projet ICMP : Michel Blanc IRAP michel.blanc@irap.omp.eu

Contacts

ALGERIE : Naima ZAOURAR naimaboulasba@gmail.com

BENIN : Joseph ADECHINAN adechinanjoseph@yahoo.fr

BURKINA FASO : Allain GNABAHOU gnabahou@yahoo.fr

CAMEROUN : Emmanuel GUEMENE DOUNTIO eguemene@yahoo.com

CÔTE D'IVOIRE : Franck GRODJI franckgrodji@yahoo.fr

GUINEE : Ouo Ouo KOLIE ouoouokobelak@gmail.com

MAROC : Aziza BOUHNIR a.bounhir@uca.ma

Rép. du CONGO : Jocelyn BOUNGOU POATY jocelynfranck67@gmail.com

RDC : Bruno KAHINDO bkahindo@gmail.com et Raphaël MUKANDILA

SENEGAL : Idrissa GAYE idrissagaye3@hotmail.com

TUNISIE : Ahmed AMAR ahmed.ammar@fst.utm.tn

Projet réseau de magnétomètres : Amore NEL, SANSA, anel@sansa.org.za

Contacts

ALGERIE : Fatma ANAD f_anad@yahoo.fr

BENIN : Joseph Adechinan adechinanjoseph@yahoo.fr

BURKINA FASO : Allain GNABAHOU gnabahou@yahoo.fr

CAMEROUN : Christian Brice TCHANA tchana.christianbrice@yahoo.fr

CÔTE D'IVOIRE : Zie TUO zietuo@hotmail.fr

GUINEE : Ouo Ouo KOLIE ouoouokobelak@gmail.com

MAROC : Aziza BOUHNIR a.bounhir@uca.ma

Rép. du CONGO : Jocelyn BOUNGOU POATY jocelynfranck67@gmail.com

RDC : Keto François TONDOZI tondozi@gmail.com

SENEGAL : Idrissa GAYE idrissagaye3@hotmail.com

TUNISIE : Ahmed AMAR ahmed.ammar@fst.utm.tn

Développement des réseaux GNSS

Suivi par Raphaël MUKANDILA [mukandilangalula@unistra.fr] avec la communauté de Géodésie

Accompagnement/collaboration scientifique

Olivier Le Contel (LPP) :

BOUNGOU POATY Jocelyn Franck Patient, Rep. Congo

DAMA Alfred Jean Stéphane, Burkina Faso

KOUASSI Nguessan, Côte d'Ivoire

TCHANA Christian Brice, Cameroun

Rolland Fleury (IMT) et Christine Amory-Mazaudier (LPP)

SAWADOGO Wambi Emmanuel

Rolland Fleury (IMT-Atlantique)

TAPSOBA Estelle, Burkina Faso

OUEDRAOGO Pouraogo Edouard, Burkina Faso

Frédéric Pitout (IRAP) et Christian ZOUNDI (Université Norbert Zongo)

TRAORA Ibrahim, Burkina Faso

IX. Logistique : Photos

VIII.1 Salle de cours et certains professeurs



Idrissa Gaye et Rolland Fleury



Minh Le Huy



Serge Soula et Frédéric Pitout



Olivier Lecontel et Hassan Ghalila

A droite

Pétronille Kafando, Idrissa Gaye
et Ludwig Klein



VIII.2 pause-café



VIII.3 Repas de midi



VIII.4 Transport



VIII.5 journée de repos, le dimanche à grand Bassam



Tous les articles de presse sont accessibles au lien ci-dessous

<https://drive.google.com/drive/folders/10eFLcP4uvGAz3W2vTp38Gw64CGOUMWQ0?usp=sharing>



https://www.gouv.ci/_actualite-article.php?recordID=14143&d=6

RECHERCHE SCIENTIFIQUE : LA 5EME EDITION DE L'ECOLE DE METEOROLOGIE DE L'ESPACE ISWI MAGHREB, AFRIQUE DE L'OUEST ET CENTRALE (IMAO) LANCEE



Abidjan, le 17 octobre 2022- Le ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, Adama Diawara, a lancé, le lundi 17 octobre 2022 à l'université Félix Houphouët-Boigny à Abidjan-Cocody, la 5ème édition de l'Ecole de Météorologie de l'Espace ISWI Maghreb, Afrique de l'Ouest et centrale (IMAO), prévue du 17 au 28 octobre 2022 sous le thème "Physique et utilisation des outils".

Durant une dizaine de jours, l'Ecole IMAO renforcera les capacités d'une quarantaine d'étudiants de niveaux Master 2 et doctorat, de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs des pays francophones d'Afrique du Nord, d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Ouest dans les disciplines scientifiques qui se rapportent à la météorologie de l'espace, notamment à la physique du globe et de l'espace.

Les cours qui comportent une partie scientifique et des travaux pratiques, vont se dérouler sur le site de l'ex-ESIE à Bingerville.

« Pour un pays comme la Côte d'Ivoire, ce renforcement de capacités est très important, car il contribue à la formation de qualité des étudiants et chercheurs. Il est également nécessaire pour notre pays qui a besoin de ressources humaines de qualité pour contribuer efficacement à son développement. Également, la Côte d'Ivoire en tant que pays à vocation agricole, est très sensible à tout ce qui a trait aux études sur le changement climatique et à ses impacts sur les infrastructures, l'agriculture et la santé », a expliqué Adama Diawara.

A cette occasion, le ministre a annoncé pour bientôt, la mise en place de l'Agence spatiale ivoirienne, qui aura besoin des compétences de ces physiciens pour mettre en œuvre les missions qui lui seront assignées.

Selon le président du Comité d'organisation, par ailleurs directeur général de l'Enseignement supérieur et président de la Société ivoirienne de physique, Pr Vafi Doumbia, 20 auditeurs sont originaires d'Afrique du Nord, d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Ouest, et une vingtaine d'auditeurs sont ivoiriens.

« Les auditeurs bénéficieront de l'encadrement de 12 experts venus de la France, du Maroc, de la Tunisie, du Vietnam, du Burkina Faso et de la Côte d'Ivoire », a-t-il relevé.

Cette 5ème édition de IMAO coïncide avec la commémoration du 100ème anniversaire de la découverte de l'électrojet équatorial (1922-2022) et du 30ème anniversaire de l'année internationale de l'électrojet équatorial (AIEE).