



Les aurores polaires

Au sommaire

2

- Histoire
- Qu'est-ce qu'une aurore?
- Les causes
- Electrons auroraux
- Parcours des électrons
- Photons et lumière
- Couleur des aurores
- Tache 3664
- Applications smartphone
- Conditions
- Indices
- Ovale aurorale
- Meilleurs moments
- Où Quand Comment observer
- Photographier les aurores
- Le bon endroit
- Activité solaire
- Perturbations radios et GPS
- Météo spatiale



- Pendant des siècles, les hommes ont raconté des histoires sur les aurores boréales.
- Le mot Aurore a été utilisé pour la première fois par Galilée et vient du latin: c'est le nom de la déesse de l'aube.
- Sans connaissances scientifiques, nos ancêtres tentèrent de leur donner un sens avec des récits merveilleux de monstres et de divinités. Ces histoires apprirent aux hommes à respecter, craindre et vénérer les lumières dans le ciel.
- Mais alors que notre compréhension du système solaire et de la place que nous y occupons s'est développée, ces histoires ont glissé dans le domaine du mythe et des légendes. Aujourd'hui, nous savons ce qui cause les aurores polaires, mais cela ne veut pas dire qu'il ne nous reste plus rien à apprendre.
- Les jeux de lumière que nous pouvons contempler du sol sont causés par des particules chargées électriquement, venues de l'espace, et pénétrant dans la haute atmosphère terrestre à très grande vitesse.
- Ces particules émanent de notre étoile. Le soleil émet un flot ininterrompu de particules chargées électriquement, appelé vent solaire, qui se propage dans toutes les directions entre 300 et 500 km par seconde.
- Environ 98 % de ces particules sont déviées par le champ magnétique terrestre, et continuent leur voyage dans l'espace. Un petit pourcentage de ces particules arrive cependant à pénétrer le champ magnétique par les cornets polaires et est attiré vers les pôles Nord et Sud de la Terre.

Qu'est-ce qu'une aurore boréale (australe) ?

4

- Lorsque ces particules heurtent les atomes et molécules de notre atmosphère, ces derniers s'excitent. Cela crée deux anneaux brillant d'émissions aurorales autour des pôles magnétiques Nord et Sud, appelés les ovals auroraux.
- Lorsque les atomes retrouvent leur état d'origine, ils émettent des lumières colorées très particulières. Ce sont ces lumières que nous voyons lorsque nous observons une aurore boréale.
- Les collisions produisent de la lumière un peu comme la façon dont les électrons circulant à travers le gaz dans un tube néon entrent en collision avec le néon et d'autres gaz pour produire des lampes de couleurs différentes.
- L'aurore est également appelée aurore boréale dans l'hémisphère nord et aurore australe dans l'hémisphère sud. Le terme technique pour les aurores boréales est Aurora Borealis et les aurores australes sont appelées Aurora Australis.
- Le mot Borealis vient du latin boréal qui signifie « du nord » ou « du nord ». Le mot Australis est le latin pour austral, qui signifie « sud ».

5

Quelles sont les causes des aurores ?

6

- L'aurore est formée d'interactions entre le vent solaire et le champ magnétique protecteur de la Terre, ou magnétosphère. C'est une manifestation de l'activité géomagnétique ou des tempêtes géomagnétiques. À mesure que le vent solaire augmente en vitesse et que le champ magnétique interplanétaire intégré dans le vent solaire se tourne vers le sud, l'activité géomagnétique augmentera et les aurores deviendront plus brillantes, plus actives et s'éloigneront des pôles en descendant en latitude.
- Même un vent solaire modéré crée des aurores, il y a donc généralement une faible aurore quelque part, même lorsqu'il n'y a pas de grosse tempête géomagnétique.
- Il existe deux types d'événements solaires qui créent de grandes tempêtes géomagnétiques associées à des aurores brillantes et actives.
- La première est une éjection de masse coronale, ou CME, qui peut être décrite comme un milliard de tonnes de plasma éjecté du soleil, se déplaçant à un million de kilomètres par heure.
- Lorsqu'un CME arrive sur Terre, il peut produire de grandes tempêtes géomagnétiques. Les aurores les plus brillantes et les plus actives s'étendent plus bas vers l'équateur.
- Le deuxième événement solaire susceptible de créer des tempêtes géomagnétiques de taille modérée est appelé trous coronaux. Ils sont à l'origine de flux de vent solaire à grande vitesse. Lorsque ces flux arrivent sur Terre, ils peuvent produire des aurores actives. Mais les tempêtes géomagnétiques et les aurores associées aux trous coronaux sont moins actives que celles des CME.

Source des électrons auroraux

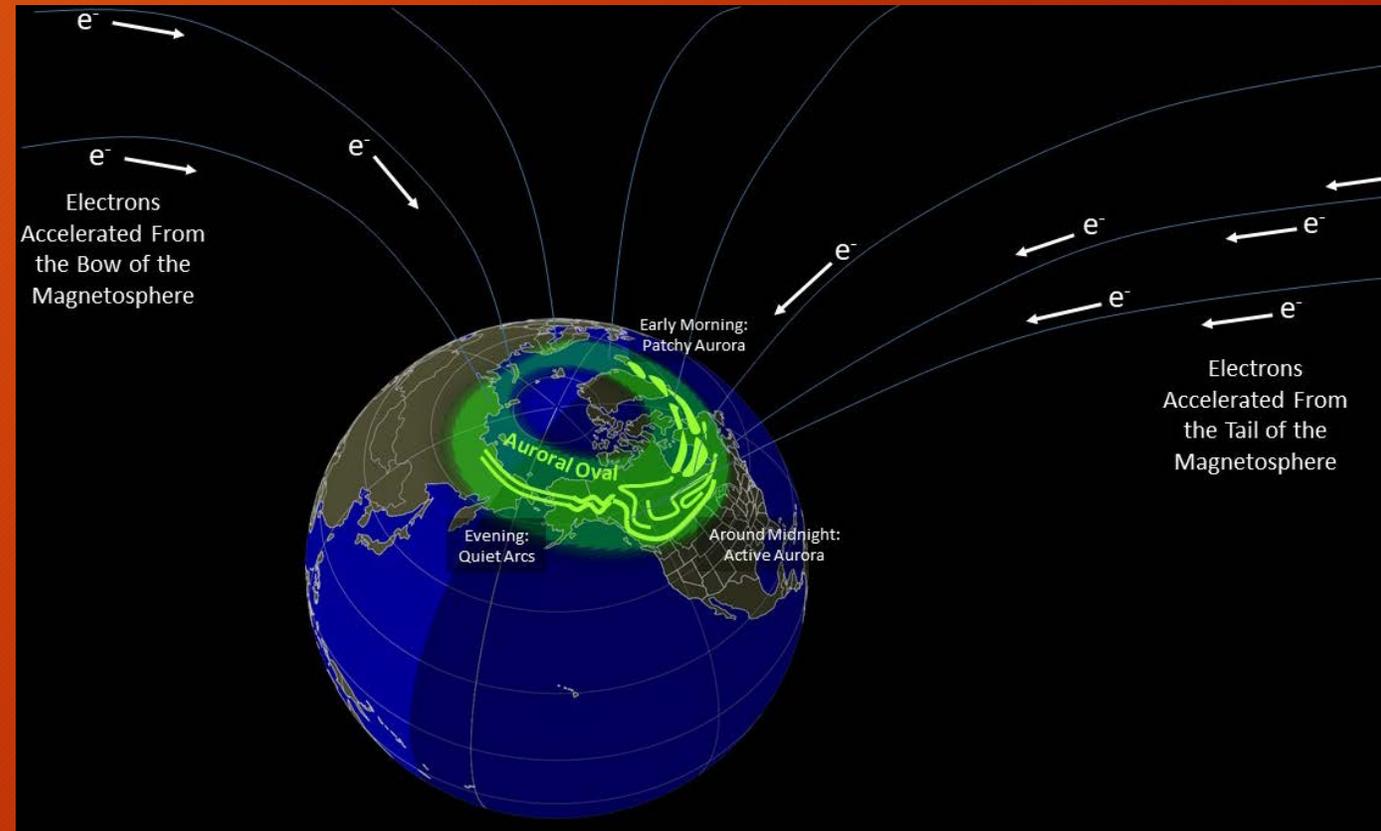
7

- Techniquement, ce ne sont pas les électrons du vent solaire qui créent les aurores. Lorsque le vent solaire est fort et que le champ magnétique interplanétaire (IMF) intégré est aligné à l'opposé du champ magnétique terrestre (vers le sud), il y a alors un transfert de plus d'énergie solaire dans la magnétosphère*, ce qui accélère davantage d'électrons magnétosphériques vers le bas du champ magnétique terrestre.
- Ainsi, les électrons des aurores proviennent de la magnétosphère magnétique terrestre. Les électrons des aurores qui créent les meilleures aurores au milieu de la nuit proviennent en réalité de la queue de la magnétosphère, en aval (loin du soleil).
- * La magnétosphère est la région entourant un objet céleste dans laquelle les phénomènes physiques sont dominés ou organisés par son champ magnétique.

Parcours des électrons

9

- Les électrons accélérés suivent les lignes du champ magnétique terrestre vers les pôles magnétiques nord et sud où ils bombardent la haute atmosphère et créent les aurores. Ces régions d'accélération cartographient les lignes du champ magnétique terrestre pour former un ovale d'aurore centré sur les pôles magnétiques.
- La figure montre la Terre avec ses lignes de champ magnétique et les électrons voyageant le long des lignes de champ jusqu'à la haute atmosphère. La zone ombrée en vert montre la forme générale de l'ovale auroral centré sur le pôle magnétique. Les traits verts plus brillants montrent les formes typiques de l'aurore dans différentes parties de l'ovale auroral.



Photons et lumière

10

- Lorsque les électrons se déplaçant rapidement, se déplaçant à près d'un dixième de la vitesse de la lumière entrent en collision avec les atomes et les molécules de la haute atmosphère terrestre (au-dessus de 100 km), ils transfèrent de l'énergie qui excite l'atome ou la molécule de l'atmosphère vers des états d'énergie plus élevés.
- À mesure que les atomes et les molécules retrouvent leur niveau d'énergie naturel, ils libèrent des photons.
- Ces photons sont ce qui illumine les aurores. Ce processus est similaire à celui qui se produit sous une lumière néon ou fluorescente.



Couleurs des aurores

11

- Les différentes couleurs des aurores sont produites lorsque différents atomes et molécules atmosphériques sont excités à différents niveaux d'énergie. La couleur aurorale la plus courante est une couleur vert pâle à une longueur d'onde de 557,7 nm.
- Une autre couleur moins courante est le rouge foncé qui résulte de l'excitation de l'oxygène atomique. D'autres couleurs proviennent d'autres molécules comme l'azote.
- En résumé :
- **ROUGE** : Oxygène atomique excité à haute altitude. Visible uniquement sous une activité solaire intense en raison de la faible concentration d'oxygène à haute altitude. (Plus de 240km)
- **VERT** : oxygène atomique excité à basse altitude. La lumière verte est émise au lieu du rouge en raison de la concentration plus élevée d'oxygène. (Jusqu'à 240 km)
- **VIOLET ET BLEU** : Azote moléculaire ionisé. La réaction implique de l'azote moléculaire car l'oxygène atomique est rare à basse altitude. Comme le rouge, le bleu et le violet sont associés à une activité solaire intense. (Plus de 97 km)

Rouge, Vert, Bleu

12



The diagram shows two glowing spheres representing the sun. The top one is red and labeled 'O', with a wavy red and purple ribbon representing atomic oxygen excitation at high altitudes. The bottom one is green and labeled 'O', with a wavy green ribbon representing excitation at lower altitudes. The background is dark blue with white stars.

Oxygène atomique excité à haute altitude
Seulement visible lors d'activité solaire intense, sur les faibles concentrations d'oxygène à haute altitude

Au-dessus de 240 km

Oxygène atomique excité à des altitudes plus basses
La lumière verte est émise à la place du rouge car la concentration en oxygène est plus élevée

Jusqu'à 240 km



The diagram shows two glowing spheres representing the sun. The top one is purple and labeled 'N N', with a wavy purple ribbon representing ionized molecular nitrogen excitation above 97 km. The bottom one is blue and labeled 'N N', with a wavy blue ribbon representing excitation up to 97 km. The background is dark blue with white stars.

Azote moléculaire ionisé
Cette couleur est provoquée par l'excitation du diazote, l'oxygène atomique étant très rare à ces altitudes. Comme pour le rouge, le bleu et le mauve sont associés à des activités solaires intenses.

Au-dessus de 97 km

Jusqu'à 97 km d'altitude

Tache solaire N°AR 3664

13

- Toute cette activité aurorale vient d'une série d'éruptions solaires qui ont éclaté quelques jours plus tôt depuis la gigantesque région de taches 3664, qui a lancé pas moins de cinq éjections de masse coronale (CME) en direction de la Terre.
- Certaines éruptions ont dépassé et fusionné avec les précédentes pour créer un CME dit « cannibale », doté d'une énergie encore plus grande.
- De gigantesques taches solaires - l'une d'elles mesurant 17 fois le diamètre de notre planète ! - ont engendré des éruptions qui ont éjecté des milliards de tonnes de matière filant vers nous à la vitesse de plusieurs centaines de kilomètres par seconde.



Différents indices

14

- Indice K et Indice Kp (Kp Index)

L'échelle Kp débute à 0 et termine à 9. A 1, tout est calme. De 5 à 9, cela indique la présence de tempête géomagnétique.

- Indice G : tempêtes géomagnétiques

Une tempête géomagnétique est une perturbation majeure de la magnétosphère terrestre. Elle se produit lors d'un important échange d'énergie en provenance du vent solaire dans l'environnement terrestre. Classé de 1 à 5

- Indice S : tempêtes de radiations solaires

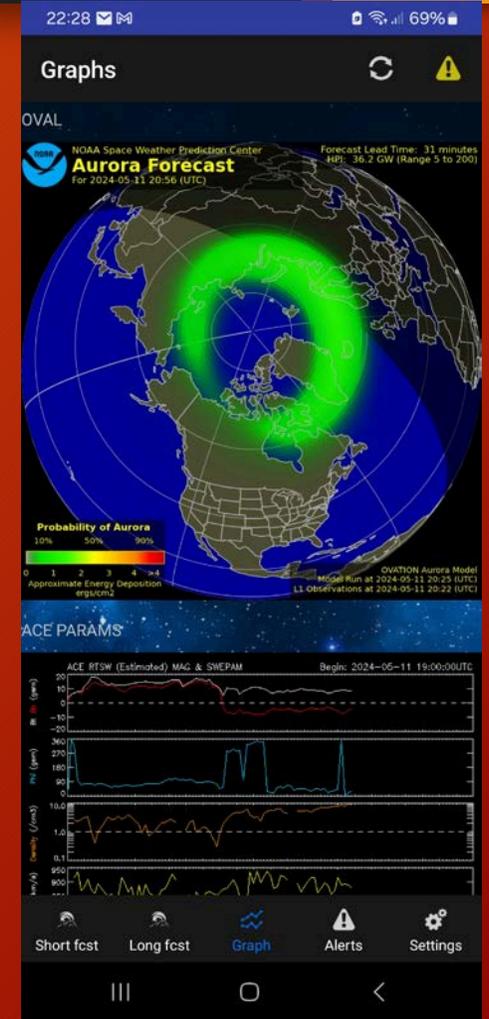
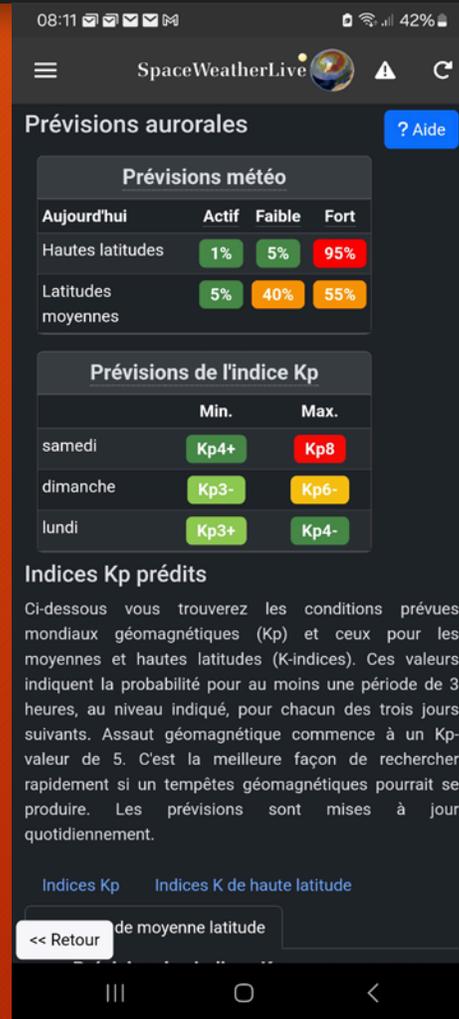
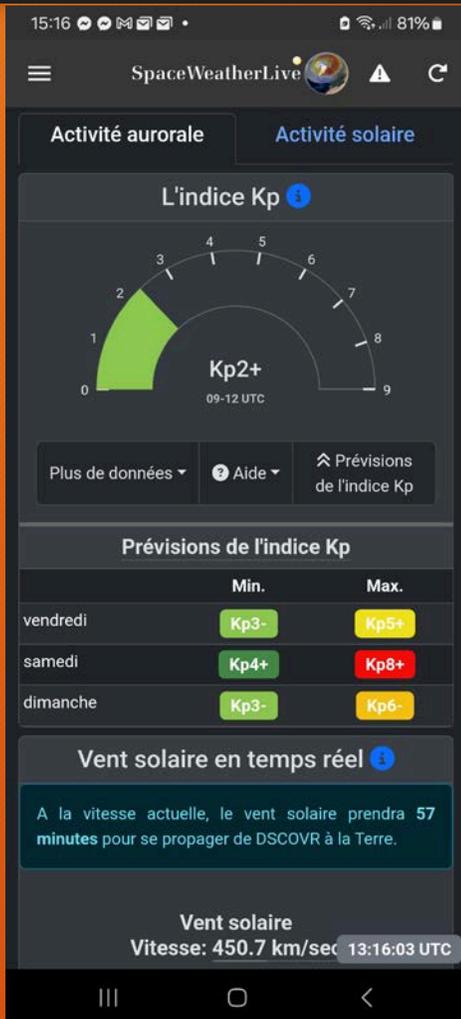
Le NOAA catégorise les tempêtes de radiation solaire de 1 à 5 sur l'échelle du NOAA Space Weather. Une tempête de radiation solaire peut durer quelques heures à plusieurs jours.

- Indice R : Radio Blackouts (brouillage radioélectrique)

Les "Radio Blackouts" sont classés sur l'échelle du NOAA sur 5 niveaux, elle même basée sur l'échelle des rayons-X émis lors d'éruptions solaires.

Informations sur les applications smartphone

15



Conditions pour avoir une aurore : les indices kp et Bz

16

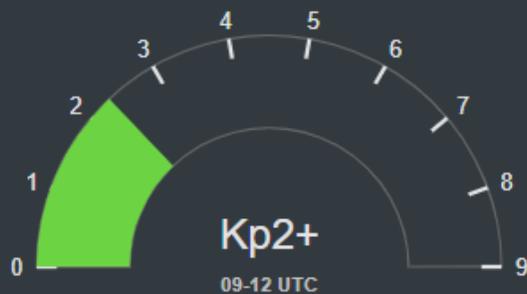
- Pour un Kp compris entre 0 et 2, l'aurore sera très au nord, assez faible en intensité et peu active.
- Pour un Kp compris entre 3 et 5, l'aurore s'éloignera des pôles, elle deviendra plus brillante et il y aura plus d'activité aurorale (mouvements et formations).
- Pour un Kp compris entre 6 et 7, l'aurore s'éloignera encore plus des pôles et deviendra assez brillante et active. À ce niveau d'activité géomagnétique, il pourrait être possible d'observer les aurores depuis des latitudes moyennes.
- Pour un Kp compris entre 8 et 9, l'aurore se déplacera encore plus vers l'équateur et deviendra très brillante et très active. Ce sont les événements qui créent les meilleures aurores et l'ovale auroral étendu sera observable par le plus grand nombre.
- Un autre paramètre important est le Bz (plus il est négatif (-10), plus fortes seront les aurores) , la vitesse du vent solaire intervient aussi.

Indices Kp ("Planetary K-Index"), Bz

17

Activité aurorale

L'indice Kp

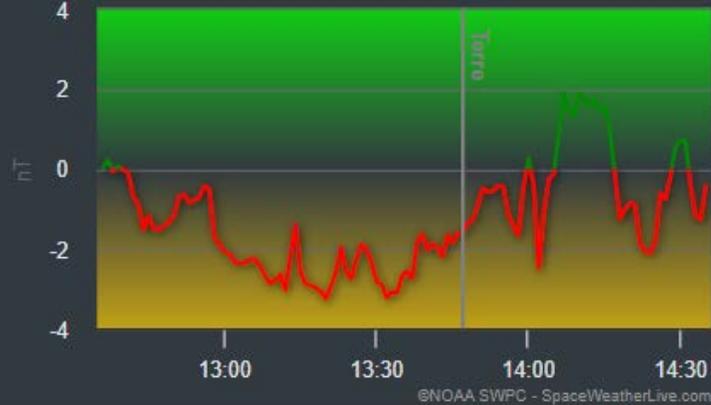


Plus de données ▾

 Aide ▾

Prévisions de l'indice Kp ▾

Bz: **-0.42 nT Sud**



Vent solaire en temps réel

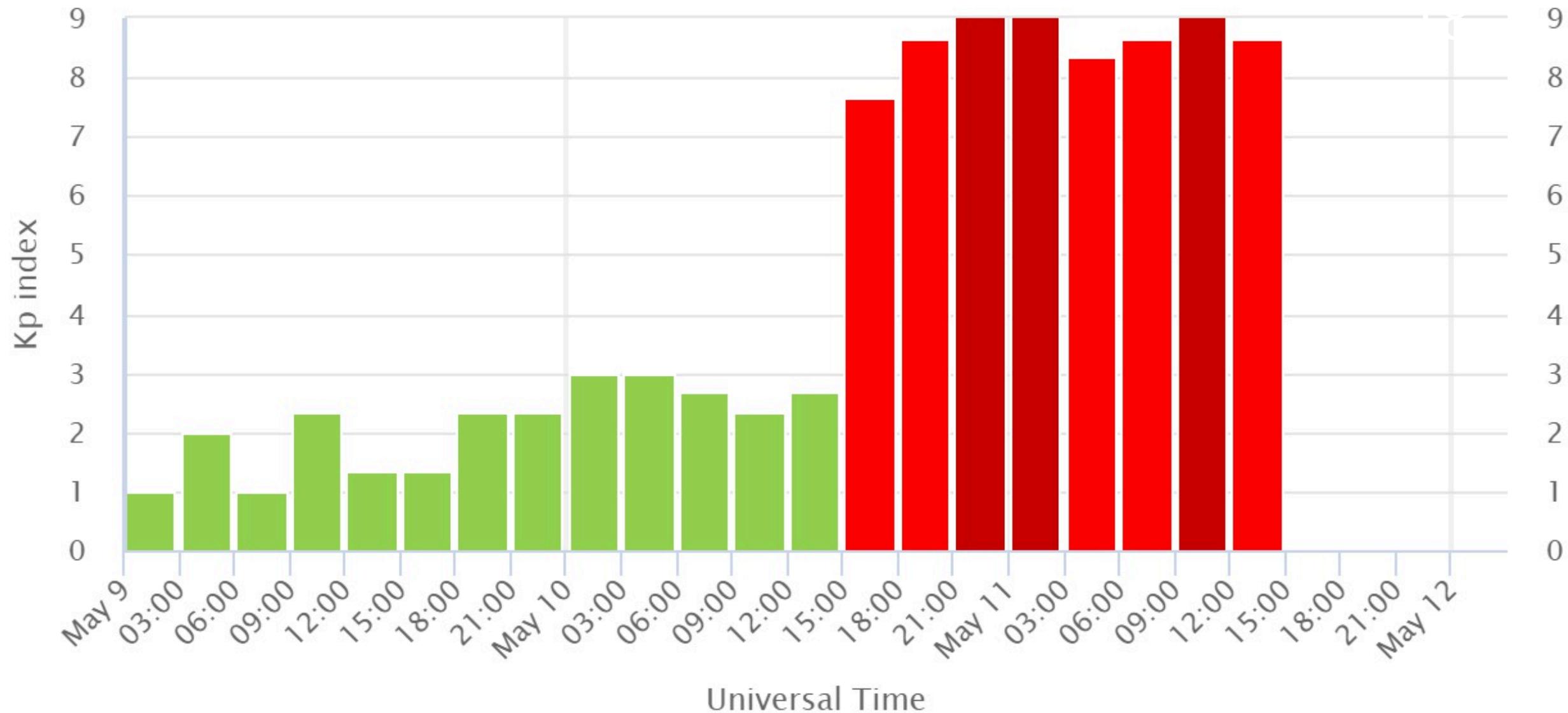
A la vitesse actuelle, le vent solaire prendra **54 minutes** pour se propager de DSCOVR à la Terre.

Vent solaire
Vitesse: **465.5 km/sec**



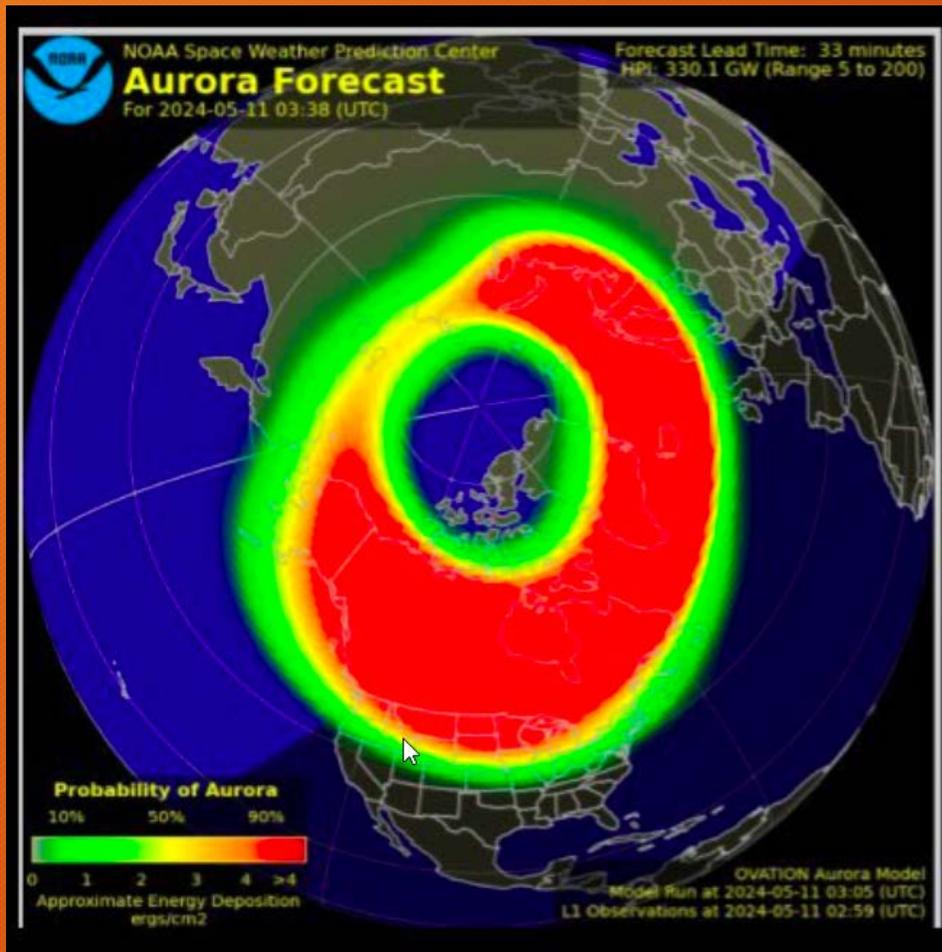
Estimated Planetary K index (3 hour data)

Begin: Thu, 09 May 2024 00:00:00 GMT



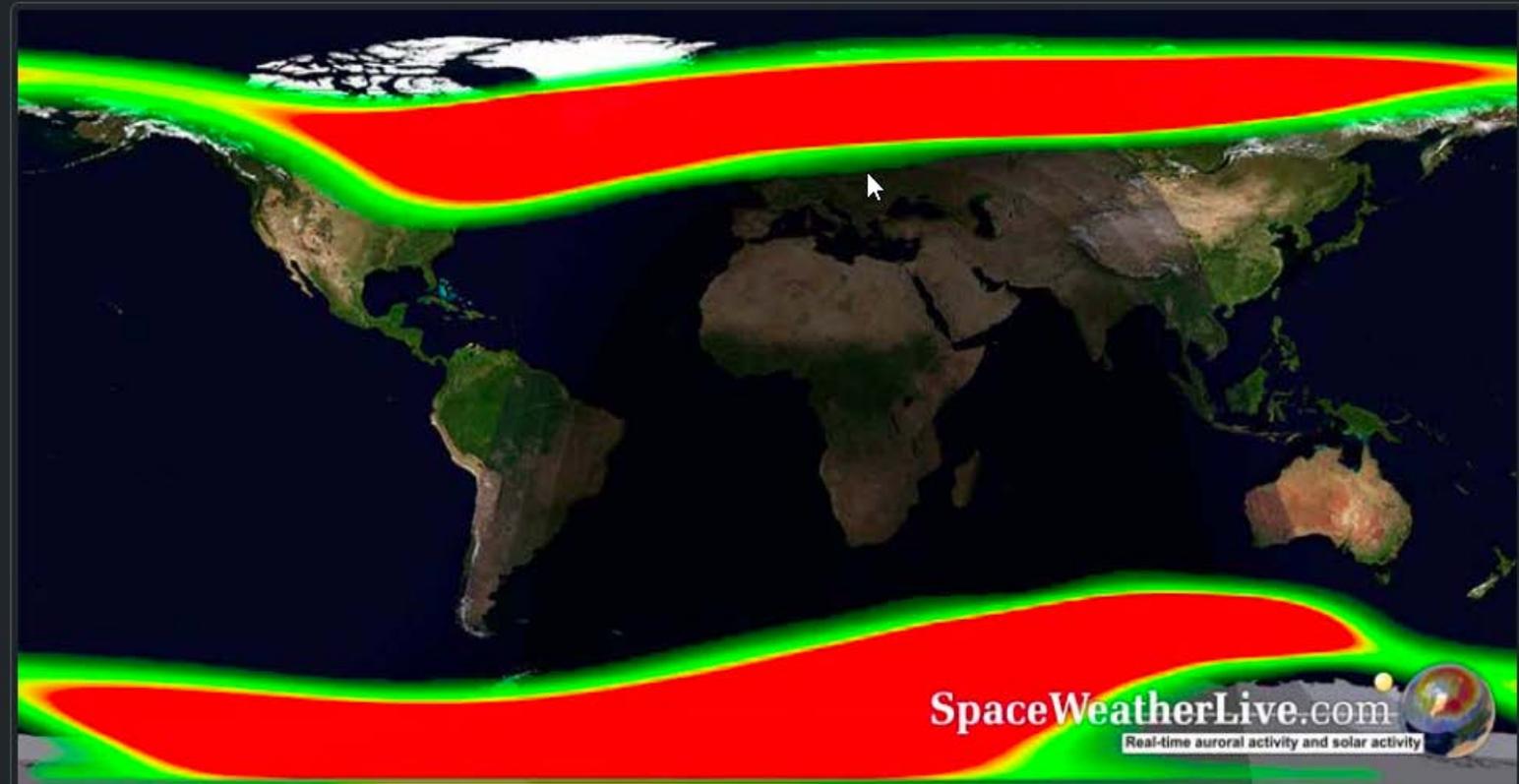
Ovale auroral

19



Extreme G5 geomagnetic storm

Saturday, 11 May 2024 00:14 UTC



Différentes formes d'aurores

20

- L'arc
- Typique des périodes de basse activité solaire
- Epaisseur 5 Km – Longueur jusqu'à 1000 Km



Différentes formes d'aurores

21

La bande

Typique des périodes d'activité solaire moyennes à élevées
S'entend à l'horizon d'Est en Ouest



Différentes formes d'aurores

22

- Le rideau
- Typique des périodes d'activité solaire fortes



Différentes formes d'aurores

23

- La couronne
- Typique des périodes d'activité solaire élevées



Différentes formes d'aurores

24

- Les piliers
- Typique des périodes d'activité solaire élevées
- Plusieurs centaines de Km de hauteur



Arc auroral rouge, connu sous le nom d'arc SAR (Stable Auroral Red).

25

- L'arc SAR est une bande de lumière rougeâtre observable dans le ciel. Il s'agit d'un phénomène rare aux faibles latitudes. Contrairement aux aurores classiques (polaires) qui arborent une variété de couleurs et de motifs dynamiques, les arcs SAR affichent une couleur fixe et restent immobiles.
- Bien que l'activité géomagnétique due à une éruption de particules chargées en provenance du Soleil déclenche à la fois des aurores et des arcs SAR, leurs mécanismes de formation diffèrent légèrement□
- Alors que les aurores sont créées lorsque des particules énergétiques entrent en collision avec des atomes de l'atmosphère, les arcs SAR sont générés par l'énorme énergie thermique et cinétique de l'atmosphère terrestre (environ 3000°C).
- Les arcs SAR se forment à une altitude d'environ 400 km, bien au-dessus des aurores boréales classiques situées entre 90 et 150 km. Les arcs SAR se manifestent lors des tempêtes géomagnétiques, lorsque l'indice KP est élevé (> 7)

Jérémie GAILLARD prévisionniste pour MétéoVilles



Le STEVE (*Strong Thermal Emission Velocity Enhancement*)

27

- C'est un phénomène également externe aux aurores polaires, se produisant au niveau de l'arc SAR. Il s'agirait de rubans de plasma chaud formant des piliers ou draperies similaires aux aurores (recherches scientifiques en cours).

Jérémie GAILLARD prévisionniste pour MétéoVilles



JG

Meilleurs moments pour de belles aurores

28

- Les plus belles aurores se produisent généralement une heure ou deux avant minuit (entre 22 h 00 et 2 h 00, heure locale).
- Ces heures d'aurores actives s'étendent vers le soir et le matin à mesure que le niveau d'activité géomagnétique augmente. Il peut y avoir des aurores le soir et le matin, mais elles ne sont généralement pas aussi actives et donc moins attrayantes visuellement.
- Les meilleures saisons pour observer les aurores boréales se situent autour des équinoxes de printemps et d'automne. En raison des subtilités de la manière dont le vent solaire interagit avec la magnétosphère terrestre, il existe une tendance à ce que des tempêtes géomagnétiques plus importantes, et donc des aurores de meilleure qualité, se produisent près des équinoxes.
- Cependant, le nombre d'heures d'obscurité diminue (augmente) rapidement à l'approche de l'équinoxe du printemps (automne), cette mise en garde doit donc être prise en compte pour ceux qui voyagent pour voir les aurores.

Où observer

29

- La fréquence des aurores et leur intensité varient en fonction de l'activité du Soleil, qui connaît des cycles d'environ 11 ans. Or, nous entrons actuellement dans une phase de maximum solaire, propice aux tempêtes géomagnétiques à l'origine de ces fascinants spectacles lumineux.
- Si les aurores sont généralement cantonnées aux régions circumpolaires, les plus puissantes d'entre elles peuvent s'aventurer bien plus au sud lors des épisodes de forte activité solaire. C'est précisément ce qui s'est produit à plusieurs reprises en 2023, offrant aux habitants de l'Hexagone de rares et éphémères visions d'aurores boréales basses sur l'horizon. Effet qui s'est reproduit le 11 Mai 2024.
- Bien que les aurores boréales restent un phénomène exceptionnel sous nos latitudes, certaines régions de France sont plus favorisées que d'autres. Le nord du pays, plus proche du pôle Nord magnétique, sera sans conteste la zone la plus propice à leur observation.
- Les départements frontaliers comme le Nord, l'Aisne ou la Meuse, mais aussi la Bretagne et la Normandie, seront idéalement placés pour profiter du spectacle, si les conditions sont réunies. Les régions montagneuses comme les Vosges, le Jura ou les Alpes bénéficieront également d'un avantage non négligeable : un dégagement permettant de scruter l'horizon nord sans les obstacles visuels des zones urbaines.

Quand observer?

30

- Observer les aurores boréales en France reste un défi de taille qui nécessite la conjonction de plusieurs facteurs. La première condition sine qua non est une très forte activité solaire, avec un indice planétaire Kp de 6 à 9, synonyme de violentes éruptions à la surface du Soleil libérant des gerbes de particules chargées.
- Le ciel dégagé et l'éloignement des sources de pollution lumineuse sont également indispensables. Il faudra donc s'armer de patience et choisir un lieu d'observation dénué de lumières parasites, comme les zones naturelles reculées ou les sommets montagneux.
- Bien que spectaculaires, les aurores boréales restent en effet des phénomènes d'une luminosité relativement faible pour nos yeux. Enfin, les meilleures chances d'assister au spectacle seront données aux lève-tôt et aux couche-tard. C'est en effet aux alentours de minuit, lorsque le ciel est sombre et que notre latitude fait face au pôle Nord magnétique, que les aurores seront les plus visibles.

Photographier des aurores

31

- Si vous souhaitez immortaliser ce magnifique spectacle céleste, munissez-vous d'un appareil photo haute sensibilité. Optez pour de longues poses entre 10 et 30 secondes, avec des réglages hauts ISO (1600 à 3200) afin de capter les faibles lueurs des aurores. Un trépied sera également indispensable pour éviter les flous de bougé. Les plus avertis n'hésiteront pas à se procurer des objectifs grand-angle pour saisir l'ampleur du phénomène. Les smartphones pourront aussi être utilisés du fait de leur sensibilité mais les images seront plus bruitées.
- Enfin, rien ne vaut la patience et la persévérance lorsqu'il s'agit d'observer un événement aussi capricieux que les aurores boréales. Celles-ci peuvent apparaître et disparaître en quelques minutes seulement, sous des formes et des couleurs variées. Il faudra donc rester des heures durant à scruter l'horizon, quel que soit le froid ou la fatigue. Mais quel bonheur d'imager ces fameuses draperies dansantes et d'en garder un superbe souvenir que l'on pourra partager !

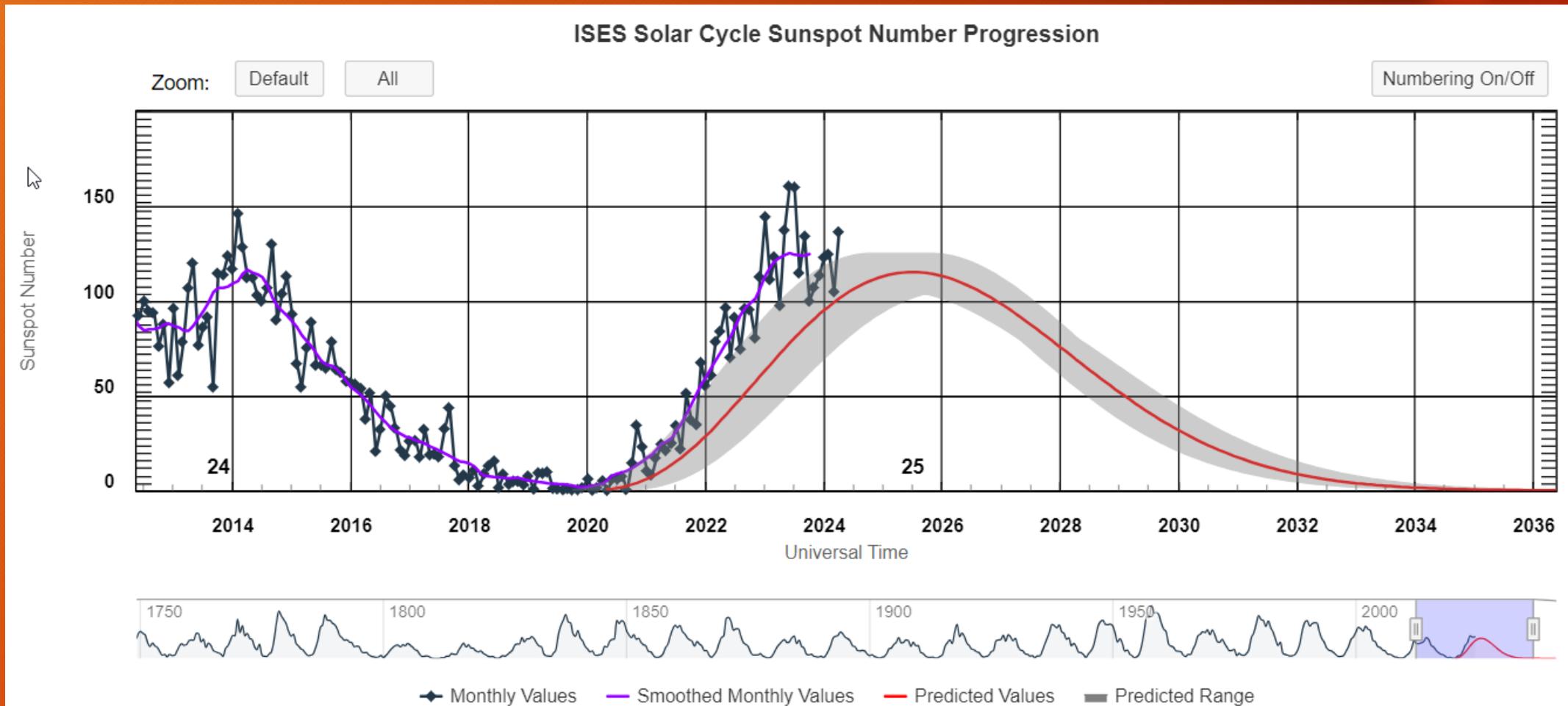
Le bon endroit pour observer

32

- Ayez déjà vos endroits choisis. Les aurores arrivent parfois rapidement et repartent tout aussi vite... Donc le temps de chercher un endroit et hop, on a manqué l'évènement...
- De jour, faites du repérage. Vous pouvez enregistrer les endroits dans un GPS ou votre téléphone.
- Vous pouvez utiliser un site indiquant la pollution lumineuse à éviter.
- Pensez à regarder vers le nord. Qu'il soit le plus dégagé possible!
- Autre astuce, vous aurez probablement un peu de matériel à transporter, donc essayez de trouver un endroit pas trop loin de la voiture si possible.
- Vous connaissez grosso-modo l'endroit où vous êtes. Si vous voulez que vos photos sortent de l'ordinaire, essayez d'être original.
- Choisissez un avant-plan qui accrochera l'oeil (des arbres, un bâtiment, des gens, des collines, de l'eau calme pour des reflets, des rochers, etc.) L'avant-plan fait parfois toute la différence.
- Laissez du temps à vos yeux pour s'habituer à la noirceur (environ 30 à 40 minutes). De plus, diminuez au maximum la luminosité de votre écran de smartphone, cela affectera moins votre vision lorsque vous allez le consulter.

Activité solaire (cycle de +/- 11ans)

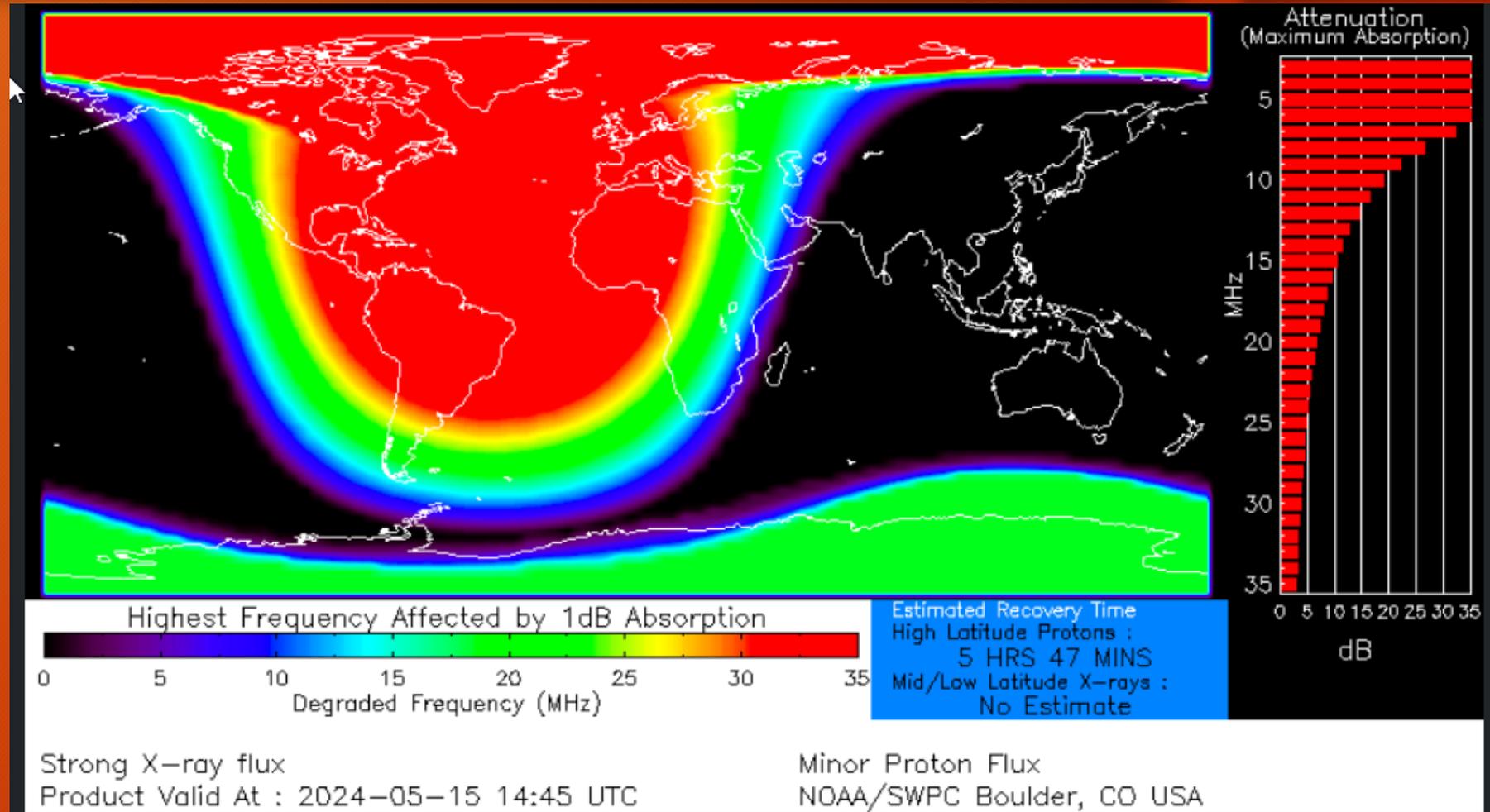
33



Perturbations radio

34

- Aux fréquences comprises entre 1 et 30 méga Hertz (appelées « haute fréquence » ou radio HF), les changements de densité et de structure ionosphérique modifient le chemin de transmission et bloquent même complètement la transmission des signaux radio HF.
- Ces fréquences sont utilisées par les opérateurs de radioamateur et de nombreuses industries telles que les compagnies aériennes commerciales.



- Les tempêtes se traduisent également par d'intenses courants dans la magnétosphère, des changements dans les ceintures de radiations et dans l'ionosphère dont des échauffements de cette dernière. Il existe des courants produits dans la magnétosphère qui suivent le champ magnétique, ils sont appelés "courants alignés". Ces courants alignés se connectent à d'intenses courants de l'ionosphère aurorale.
- Tous ces courants réunis ainsi que les perturbations magnétiques qu'ils génèrent sur terre sont utilisés pour générer un indice de perturbation géomagnétique planétaire, nommé Kp (Kp Index). Cet indice Kp est la base d'une des 3 principales échelles du NOAA Space Weather : la tempête géomagnétique, ou "G-Scale". Elle est utilisée pour décrire les conditions météorologiques spatiales pouvant perturber les systèmes sur terre.
- Durant ces tempêtes, la partie haute de l'atmosphère peut subir des changements tels qu'une augmentation de la densité et de la répartition de la densité, ce qui engendre une augmentation de la traînée des satellites en orbite basse. Les changements de densité de l'ionosphère peuvent également modifier le parcours des signaux radio et créer des erreurs d'informations de positionnement pour les systèmes GPS. Pendant que ces tempêtes créent de belles aurores dans le ciel, les systèmes de navigation par satellites peuvent être perturbés. Mais pas seulement : à travers les réseaux de transport d'électricité et les pipelines, ces tempêtes peuvent générer d'importants courants induits pouvant perturber ces réseaux, voire faire tomber les réseaux électriques.

- La météo spatiale a un impact sur le fonctionnement du GPS de plusieurs manières. Les signaux radio GPS voyagent du satellite au récepteur au sol, en passant par l'ionosphère terrestre.
- Le plasma chargé de l'ionosphère courbe le trajet du signal radio GPS de la même manière qu'une lentille courbe le trajet de la lumière. En d'activité solaire importante, les systèmes GPS compensent l'ionosphère « moyenne » ou « calme », en utilisant un modèle pour calculer son effet sur la précision des informations de positionnement.
- Mais lorsque l'ionosphère est perturbée par un événement météorologique spatial, les modèles ne sont plus précis et les récepteurs terrestres sont incapables de calculer une position précise basée sur les satellites au-dessus d'eux.

Animation de la nuit du 10-11 Mai 2024

37

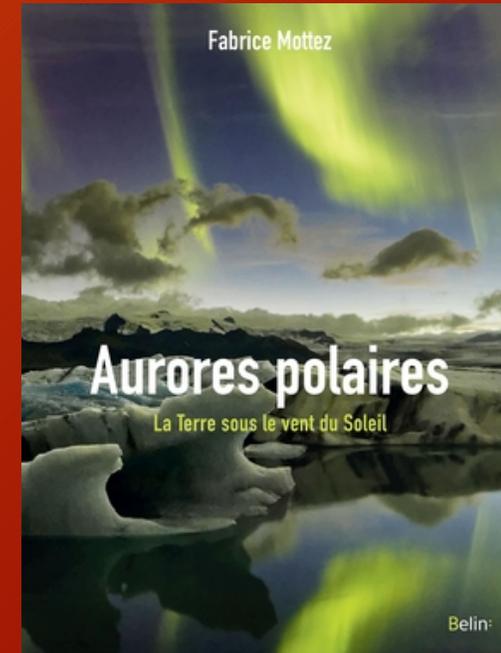


Livre : Aurores polaires

Fabrice Mottez est astrophysicien au laboratoire Univers et Théories (LUTH) de l'Observatoire de Paris-Meudon/CNRS.

38

- Dans les régions proches des cercles polaires, le ciel nocturne offre de fabuleux spectacles. Avec un peu de chance et une météo clémente, les visiteurs y admirent de grands voiles colorés danser d'un horizon à l'autre... Ce sont les aurores polaires, aussi appelées aurores boréales dans l'hémisphère Nord, et aurores australes dans l'hémisphère Sud. Quelle est l'origine de ces gigantesques parades lumineuses ? Il a fallu attendre l'avènement de l'ère spatiale pour acquérir les premiers indices fiables sur leur origine.
- En effet, bien que les aurores se manifestent à moins de 400 kilomètres au-dessus de nos têtes, elles sont issues d'un phénomène qui englobe l'environnement lointain de la Terre, jusqu'à plus de 100 000 kilomètres de distance. Le moteur des aurores est un vent peu dense et très rapide provenant du Soleil, qui a des relations agitées avec le champ magnétique de notre planète ! Mais aujourd'hui encore, de fausses explications circulent sur les aurores.
- Dans cet ouvrage, l'auteur traque avec brio les idées reçues. Page après page, avec une grande pédagogie, il explique la machinerie invisible et silencieuse, mais turbulente et brusque, à l'origine des aurores. L'ouvrage est abondamment illustré de figures explicatives et de photographies d'aurores, depuis celles prises les pieds dans la neige avec un simple appareil photo, à celles issues de caméras spécialisées embarquées à bord de sondes spatiales.



Applications smartphone

39

- Il existe beaucoup d'applications plus ou moins intéressantes dans ce domaine. (Android ou IOS)
- Perso j'utilise My Aurora Forecast, Aurora alerts, Aurora now et Spaceweatherlive pour Android.
- Certaines sont gratuites d'autres payantes, pour la plupart les alertes sont payantes et il faut acheter l'application ou payer x€ par mois ou par an.
- Après au niveau des résultats il est difficile de dire laquelle est la meilleure c'est une question de pratique et en plus à nos latitudes les alertes sont très rares !

Sources et sites spécialisés

- Centre de prévision météorologique spatiale (SWPC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration

- <https://www.swpc.noaa.gov>

- Aurores Boréales en France

- <https://www.facebook.com/groups/722944715998047>

- Spaceweather live (information sur les aurores et éruptions solaires en temps réel)

- <https://www.spaceweatherlive.com/fr.html>

- Dark Site Finder informations sur la pollution lumineuse et aurores

- <https://darksitefinder.com>

- Infos sur les aurores et guide de voyage

- <https://www.aurora-maniacs.com>

- News et Informations sur l'environnement Soleil-Terre

- <https://www.spaceweather.com>