Radioamateurs de la Côte d'Or

Le RCO est membre du REF, association à but non lucratif, fondée en 1925 et reconnue d'utilité nationale.
Le REF constitue la section française de l'Union Internationale des Radioamateurs (IARU).

Maison des Associations

02, rue des Corroyeurs,
Boite n° Q2

21068 DIJON cedex

Site **INTERNET :** http://rco.r-e-f.org

Les aurores et la radio



Une aurore australe à Kerguelen (1979)

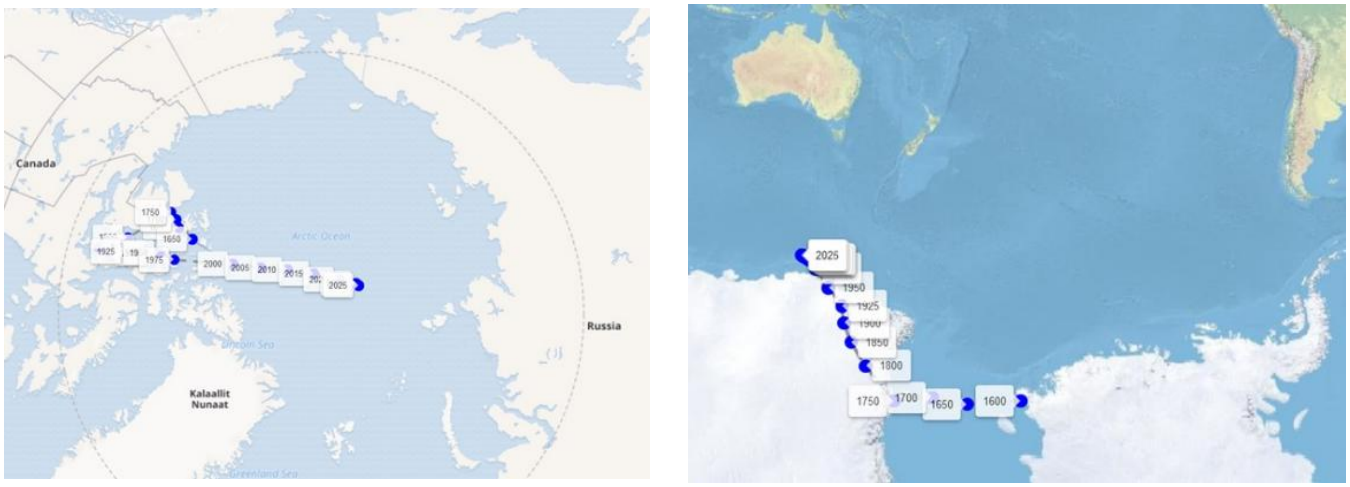
L'origine des aurores

Les aurores (boréales dans l'hémisphère Nord - australes dans l'hémisphère Sud) sont un phénomène naturel qui a toujours inspiré la curiosité, voire la peur. Leur origine est maintenant bien connue : elles proviennent de l'interaction entre des particules chargées émises par le soleil, et les atomes et molécules présents dans la haute atmosphère vers 100 km d'altitude (essentiellement l'azote, l'oxygène, et l'hydrogène). Cette interaction provoque leur ionisation et l'émission de rayonnements dans le domaine visible, et bien au-delà (infrarouge et ultraviolet).

Toutefois ces interactions nécessitent un flux suffisant de particules possédant chacune une énergie suffisante ; ces conditions sont remplies lors des éruptions solaires les plus violentes, qui apparaissent souvent lors des périodes les plus actives du cycle solaire (qui présente une périodicité d'environ 11 ans).

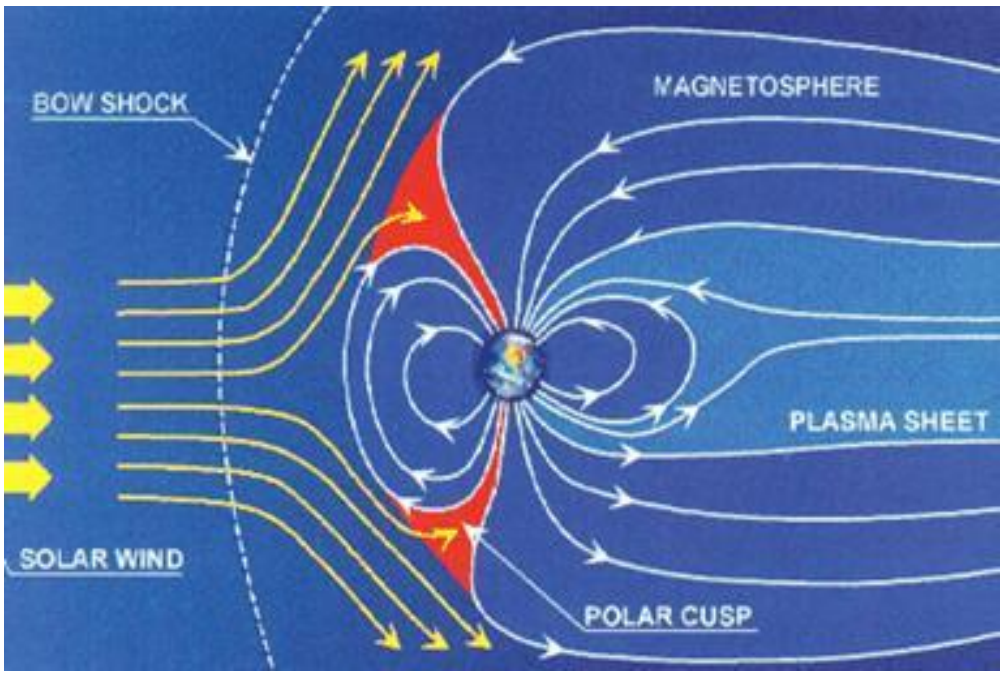
Les particules chargées à l'origine des aurores étant guidées par les lignes de force du champ magnétique terrestre, les zones où ces interactions ont lieu sont situées au voisinage des zones polaires, et plus particulièrement autour des pôles magnétiques nord et sud qui ne coïncident d'ailleurs pas avec les pôles géographiques.

Depuis le début de la recherche de la position de ces pôles au 17^{ième} siècle, il est apparu qu'ils se déplacent de plusieurs dizaines de km par an, sans que l'origine de ces mouvements ne soit bien comprise ! Ainsi le pôle magnétique nord est actuellement situé au large de la côte nord de la Sibérie et le pôle magnétique sud est situé à proximité de la côte nord du continent antarctique en face de l'Australie.



Les déplacements des pôles magnétiques Nord et Sud depuis 1650

Ces zones d'interactions entre le vent solaire et la haute atmosphère sont appelées « ovale auroral » : elles tracent l'empreinte, dans la haute atmosphère, de la limite de la zone dans laquelle les lignes de force du champ magnétique ne retombent pas sur terre et permettent ainsi un accès direct du vent solaire à l'ionosphère et la haute atmosphère.



Visualisation de la notion d'ovale auroral qui entoure les « polar crusp » en rouge

A noter que l'ingéniosité humaine a réussi à créer des aurores artificielles : ce fut le cas notamment en 1975 lors du lancement de 2 fusées Eridan à Kerguelen. Ces fusées embarquaient plusieurs canons à électrons puissant (15 kW – 0.5 A) qui ont injectés à 150 km d'altitude un flux d'électrons suffisant pour créer des aurores visibles au point magnétique conjugué de Kerguelen, situé dans la région d'Arkhangelsk, à 1 000 km au nord de Moscou.

Plus récemment, le projet HAARP (High Frequency Active Auroral Research Program) installé dans l'état de l'Alaska aux Etats-Unis est réputé être capable de provoquer des aurores. L'installation comporte un émetteur de forte puissance (3,6 MW PEP) et un vaste champ d'antennes directives pointées vers le zénith permettant de porter la Puissance Apparente Rayonnée de 420 à 3 800 MW, selon la fréquence (respectivement de 2,75 à 9,5 MHz). L'énergie transmise est de l'ordre de 3 microWatts par cm^3, soit une quantité quelques milliers de fois inférieure à l'énergie apportée par le rayonnement électromagnétique du Soleil. Bien que cette installation permette d'observer et d'étudier certains effets

sur l’ionosphère, il semble que l’énergie transmise au milieu soit bien trop faible pour créer les conditions d’apparition d’une aurore.

L’observation des aurores

La position et l'extension géographique des zones où des aurores apparaissent dépendent de la position du soleil et de son activité : c'est l'arc auroral qui s’étend dans la zone nocturne située autour des pôles magnétiques. Les zones d’interaction des particules chargées du vent solaire sont situées dans la très haute atmosphère, entre 80 et 300 km d’altitude.

Lors du choc entre ces particules et les rares molécules présentes, ces dernières sont ionisées. Cet état est transitoire : les molécules ionisées retournent rapidement à leur état initial en émettant des photons dont l’énergie dépend de la molécule ionisée et de l’énergie des particules chargées incidentes. Une partie de ces photons ont une énergie correspondant à un rayonnement visible. C’est suite à ce phénomène que le ciel terrestre se pare de splendides couleurs !

Comme l’atmosphère terrestre contient beaucoup d’oxygène atomique au-dessus de 95 km d’altitude, la majorité des aurores seront rouges au-dessus de 200 km et vertes entre 150 et 100 km puisque ces couleurs sont dues à cet atome. C’est la collision avec l’azote ionisé, en dessous de 95 km, qui provoque parfois des couleurs rosées, bleues et violettes.

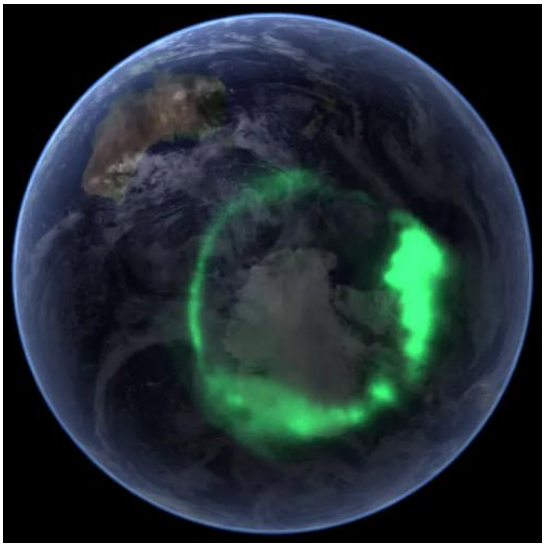
Les aurores sont visibles du sol quand la zone d’interaction est suffisamment haute pour être au-dessus de l’horizon du point d’observation. C’est pourquoi l’observation des aurores depuis une zone incluse dans l’arc auroral permettra de visualiser une grande diversité de couleurs (vert, rouge, bleu, violet), alors que celles situées plus loin ne pourront visualiser que des couleurs rouge ou verte provenant de zones d’interaction élevées. Pour voir les aurores, il est nécessaire de disposer d’une nuit dégagée (pas de nuages) et assez sombre (pas de lune, soleil couché depuis au moins 2 heures). C’est pourquoi la période hivernale est la plus favorable à l’observation des aurores.

Les aurores boréales (donc dans l'hémisphère nord) les plus intenses peuvent être visibles jusqu'en France métropolitaine :



Aurore boréale, 11 mai 2024 (Centre-Val de Loire) © N. Biver

Les aurores peuvent également être observées « par le dessus » par des satellites :



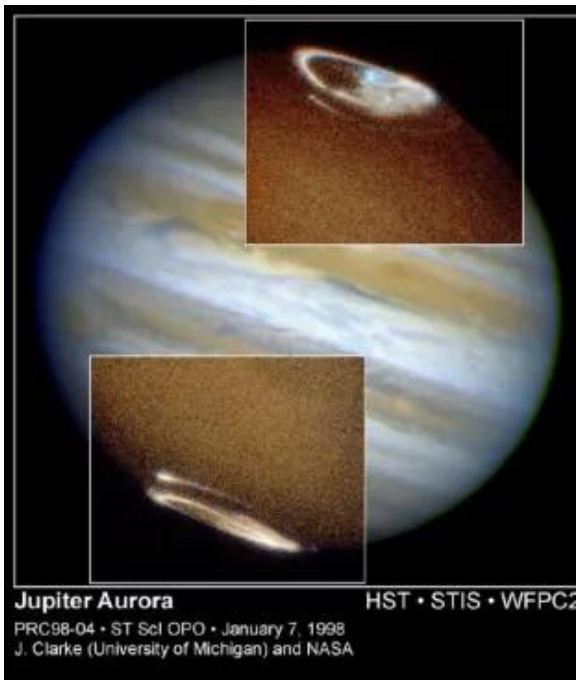
Aurore australe vue depuis un satellite géostationnaire



Aurore vue depuis la navette spatiale à 400 km d'altitude

A noter que des aurores existent également sur plusieurs planètes du système solaire possédant des champs magnétiques : c'est le cas de Saturne et de Jupiter.

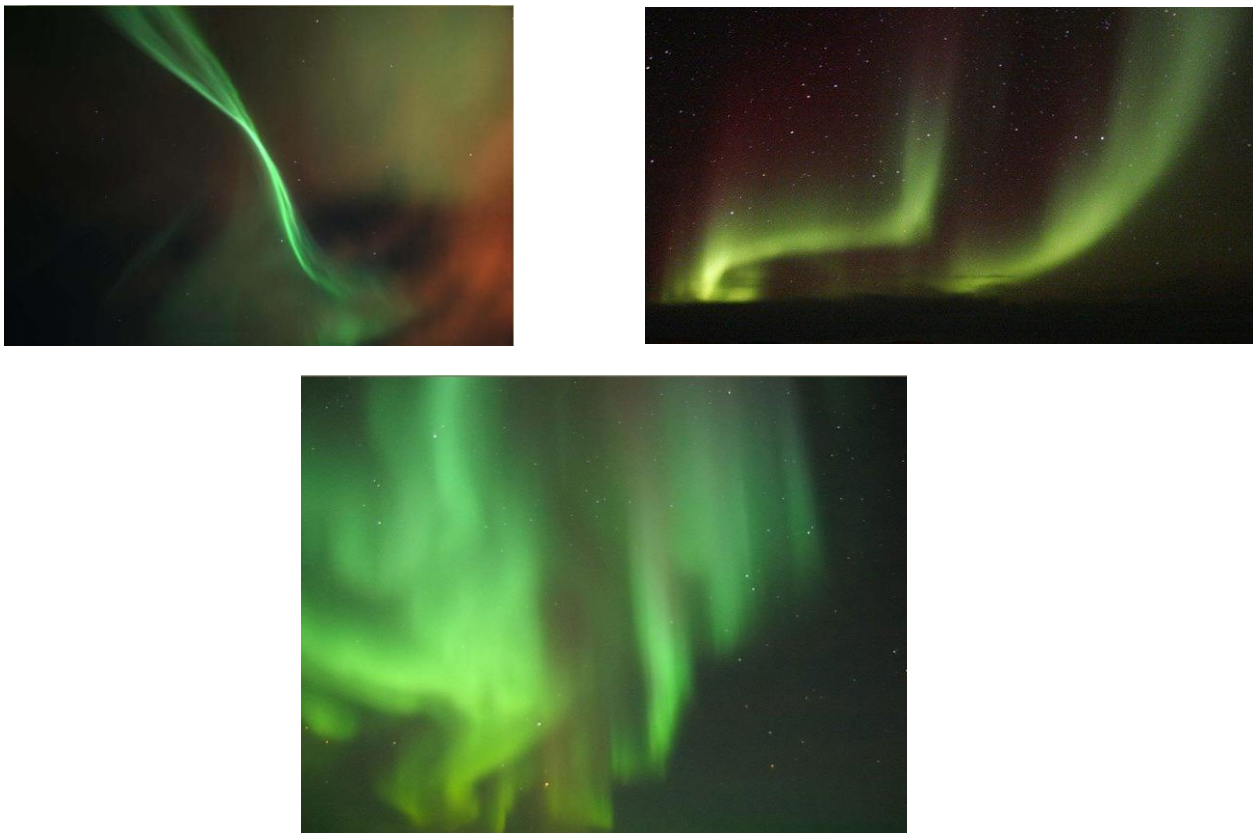




Observation d'aurores autour des pôles de Saturne et Jupiter
par le télescope spatial Hubble.

Quand les conditions météo ne permettent pas leur observation visuelle, les aurores restent détectables grâce à la réflexion des ondes radio sur ces couches ionisées. C'est ce que permettent les stations radar opérant entre 100 et 500 MHz, avec en plus la possibilité de mesurer précisément l'altitude, les vitesses de déplacement et la densité électronique locale via la fréquence de coupure de la réflexion : plus cette densité est élevée plus la fréquence maximale où cette réflexion est possible est élevée.

Lors de mon séjour à Kerguelen en 1979-1980 (au voisinage du maximum du cycle solaire n°21), j'ai eu la possibilité d'observer de nombreuses aurores australes, car la latitude magnétique (par rapport au pôle Sud magnétique) y est relativement élevée.

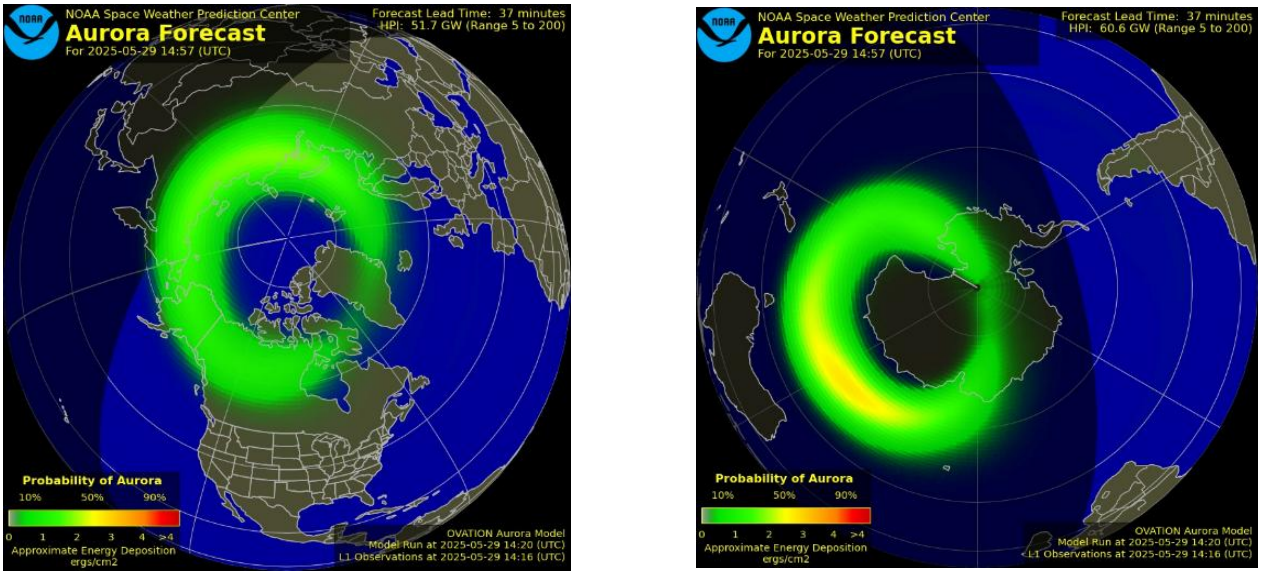


« Quelques exemples d'aurores australes photographiées à Kerguelen en 1979-1980 »

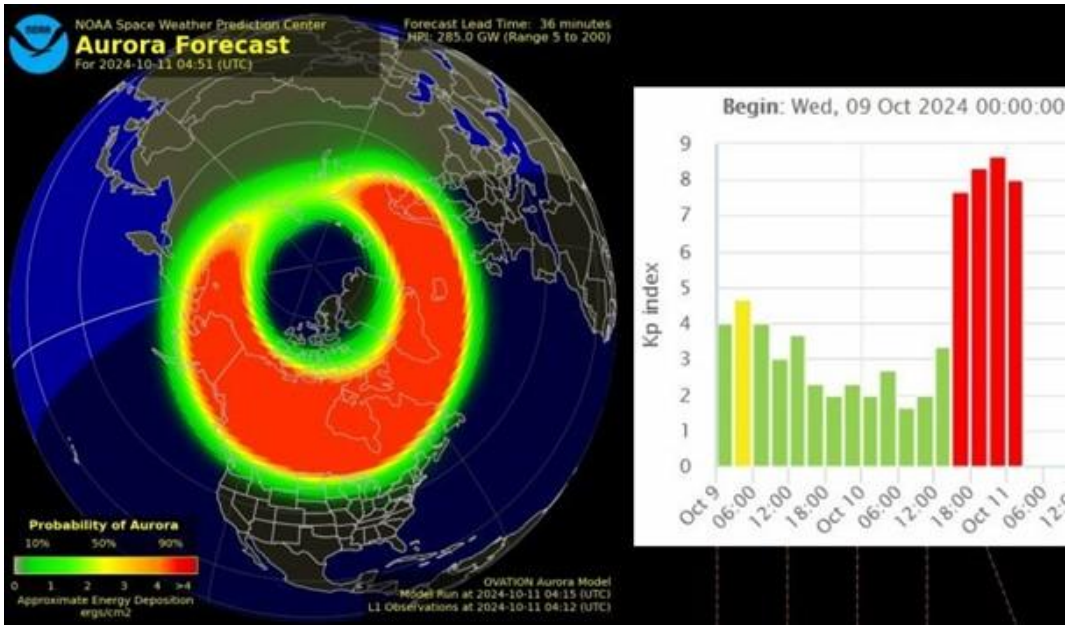
Les prévisions de l'activité aurorale

Plusieurs sites proposent sur internet des prévisions fiables de l'activité aurorale au voisinage des 2 pôles ; elles sont basées sur les paramètres de l'activité solaire et du champ magnétique terrestre. Le site le plus connu est celui de la NOAA américaine accessible par le lien :

https://services.swpc.noaa.gov/images/animations/ovation/north/latest.jpg



Exemple de prévisions de l'activité aurorale : situation calme du 29/05/2025



Exemple de prévisions de l'activité aurorale en situation agitée : cas de l'éruption solaire des 10-11 octobre 2024 au cours de laquelle de belles aurores étaient visibles jusqu'à la latitude de Dijon

Les aurores et la radio

Au-delà du spectacle magnifique qu'elles fournissent, elles permettent de réaliser des liaisons radio jusqu'à 3000 km de distance. En effet la forte ionisation provoquée par l'impact des particules du vent solaire sur l'ionosphère au-dessus des zones polaires permet aux ondes radio de se réfléchir. La possibilité d'utiliser ce phénomène pour réaliser des liaisons à des distances largement supérieures à celles possibles dans les conditions habituelles (propagation troposphérique) a été reconnue dès les années 50, d'abord dans le domaine militaire pour assurer des liaisons dans les zones arctiques et antarctiques, puis par les radioamateurs.

Ces liaisons sont possibles entre 20 et 400 MHZ et concernent les stations pour lesquelles ces zones ionisées sont au-dessus de l'horizon et mutuellement visibles. En métropole, il faut une activité géomagnétique intense (Kp > 8) pour que cette situation existe.

Du fait des déplacements très rapides de ces zones ionisées (plusieurs km/s), la réflexion des ondes radio s'accompagne d'un effet Doppler très prononcé qui rend le décodage des signaux difficile, notamment pour la phonie. Les communications numériques ou en télégraphie sont les modes les mieux adaptés pour le trafic « via aurore ».

Des exemples de signaux reçus par une station belge (ON4KHG) lors de l'aurore du 17/03/2015 sont accessibles par le lien https://on4khg.be/ouverture-par-aurore-boreale-ce-17-mars-2015/

Le premier exemple concerne une liaison en téléphonie entre une station néerlandaise (PE1AXM) et une station nord-irlandaise (GI4SNA). La différence entre les déformations des signaux au début de l'enregistrement (ceux de la station GI4SNA reçus via l'aurore), et ensuite ceux de la station PE1AXM reçus par voie directe est frappante !

Le deuxième exemple concerne des signaux émis en télégraphie par une station anglaise (G4DHF) sur 144 MHz.

Le troisième exemple concerne des signaux émis en télégraphie par une station norvégienne (LA3EQ) sur 144 MHz.

73 à tous et bon trafic – Christian F6FTB