



# ASTRO MG<sup>2</sup>

N°1243 (FÉVRIER 2010)

*Quelle est l'origine des  
aurores polaires ?*

**Dossier spécial**  
**Aurore polaire**  
*40 pages de découverte !*

2eme

Festival d'astronomie

de Tautavel

(Pyrénées-Orientales)

450000  
années lumière

23-26 juillet 2010

Conférences  
Animations  
Expositions  
Stands commerciaux  
Planétarium  
Observations diurnes et nocturnes



### Editorial de J-H Courbière

Il y a 3 mois de cela, ma fille de 9 ans me demanda :

« Papa, c'est quoi une aurore boréale ? » (Ah, les enfants et leurs questions !) En bon père, je lui demandais où elle avait entendu ça « c'est dans *Les Royaumes du Nord*, le livre que grand-mère m'a donné. » (Sacré belle-mère !) Alors je lui répondis que c'était de très belles couleurs qui apparaissaient parfois la nuit dans le ciel aux pôles. « Comme des nuages ? – Oui mais colorés. – Aussi gros ? - Oui, non, enfin ça dépend. – Pourquoi ? » (la fameuse interrogation des enfants) « Et bien ...c'est la Nature qui les fait. – Pourquoi ? (décidément) – C'est comme un long feu d'artifice. – Ca dure combien de temps ? Je ne sais pas... quelques heures. – Pourquoi ? - Oh ! Va voir ta mère, papa a du travail. »

En effet à ce moment là une idée avait germé dans ma tête. De retour à la rédaction, j'attendais l'heure du café puis je montais sur une table :

« S'il vous plait tout le monde ! Quelqu'un sait-il ce qu'est une aurore boréale ? » Brouhaha général, indignation, ils savaient. « **Mais, quelle est l'origine des aurores polaires ?** ». Silence total, j'avais trouvé mon prochain sujet.

J-H.C.

## Sommaire:

Comme le suggère leur nom, les aurores polaires sont des phénomènes lumineux que l'on observe dans le ciel, surtout dans les régions de latitudes élevées, que ce soit dans l'hémisphère Nord - on parle alors d'aurores boréales - ou dans l'hémisphère Sud - aurores australes. L'aspect des aurores est très variable. Il peut correspondre à celui de simples lueurs colorées, aussi bien qu'à de grandes draperies ondulantes déployées sur une grande partie de la voûte céleste.

### P8: L'épopée des aurores polaires débute au cœur du Soleil...

> Le soleil, moteur du vent solaire



> La fusion nucléaire, source d'énergie

### P12: Le vent solaire, un véritable train-cosmique

➤ Embarquement



- > Voyage
- > La séparation

### P20: La rencontre tant attendue: création des aurores

- > L'entrée dans la magnétosphère
- > La ceinture de Van Allen




- > Une rencontre excitée!
- > Une couleur imprévisible
- > Zoom: La lampe à plasma

### P33: Conclusion



**Tout commence au  
cœur du soleil ...**





Le soleil a un très grand rôle dans la création des aurores polaires. En effet, sans lui il n'y aurait jamais eu de vie sur Terre ni d'aurores polaires.

Quel est donc le rôle du soleil dans le phénomène des aurores polaires ?



Le Soleil est essentiellement composé d'hydrogène (73,46%) et d'hélium (24,8%) avec peu d'oxygène (0,77 %). Il y a aussi en petite quantité (moins de 2%) du fer, du néon, de l'azote du silicium, du magnésium et du soufre.

Le Soleil est, comme la Terre, structuré en plusieurs couches (schema page suivante) : le noyau, la zone radiative, la zone de convection, la photosphère, la chromosphère et la couronne.

Pour le phénomène des aurores polaires, il est important de comprendre ce qui se passe au niveau du noyau. C'est pourquoi nous ne parlerons pas des autres couches constituant le Soleil et qui n'interviennent pas dans l'apparition de ce phénomène.

Le Soleil émet en permanence un flux de plasma constitué en grande partie d'électrons et de protons. Ce flux de plasma est appelé *vent solaire*. C'est en entrant en collision avec les particules de l'ionosphère après avoir été piégées par le champ magnétique terrestre que les particules du vent solaire créent les aurores polaires.

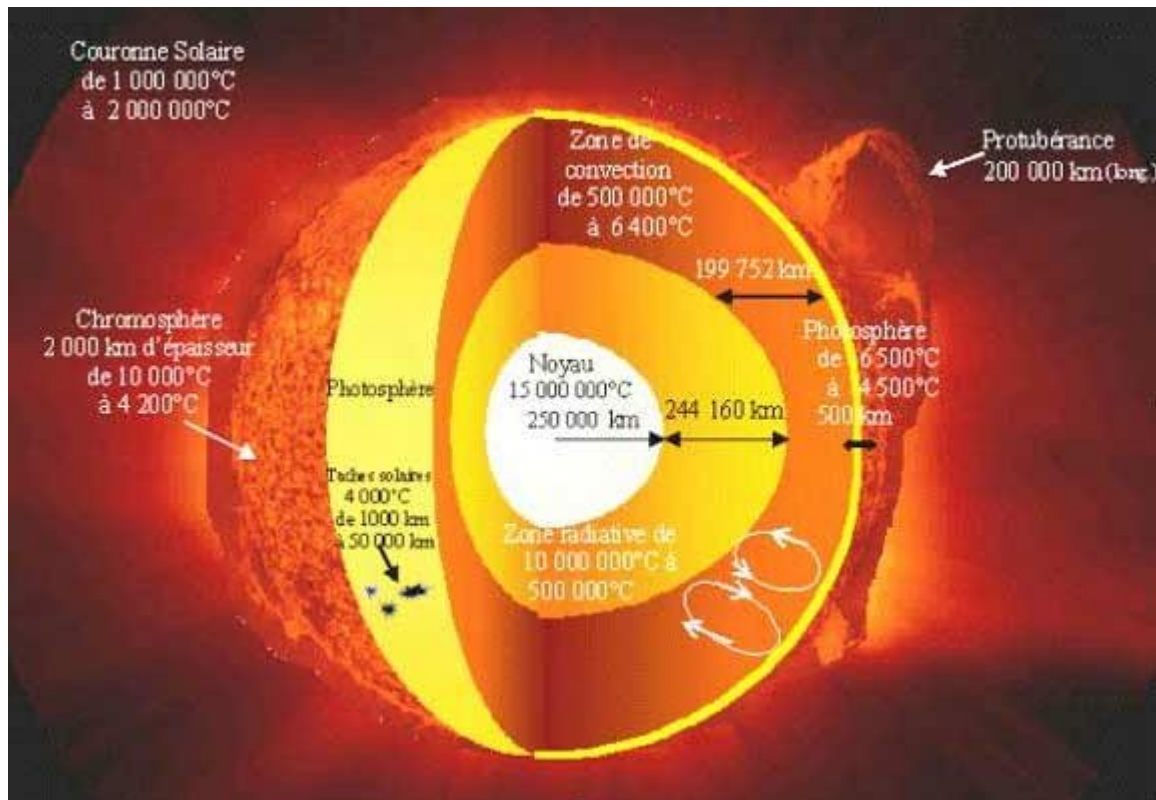


Mais comment se forme ce vent solaire ?...

Pour comprendre d'où provient le vent solaire, il faut tout d'abord savoir ce qu'il se passe au cœur du Soleil dans le noyau.

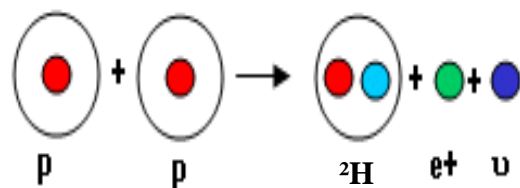
Le noyau du Soleil a un rayon de 250000 km, une température de  $15 \cdot 10^6$  °C et une pression très élevée de 340 milliards de Bars. Dans ces conditions, les atomes d'hydrogène ne sont pas stables et fusionnent entre eux : c'est la fusion thermonucléaire.

La fusion thermonucléaire est un processus où deux noyaux légers fusionnent pour donner un noyau plus lourd. Dans le cas du noyau du Soleil, ce sont deux atomes d'hydrogène qui se marient pour donner naissance à un atome d'hélium.

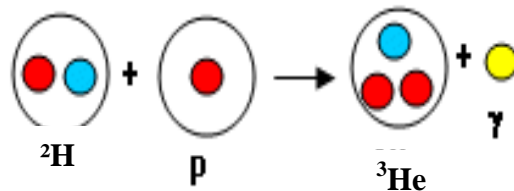


### *Etapes de la fusion de l'hydrogène en Hélium*

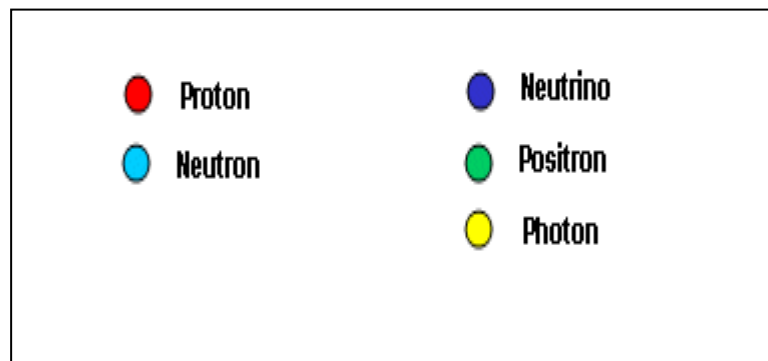
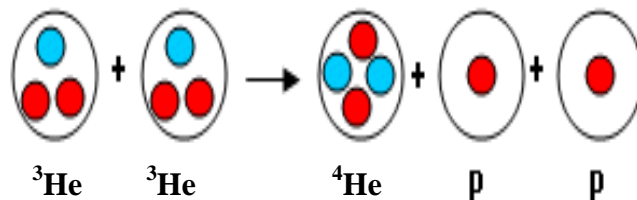
1. L'attraction des nucléons dans le noyau est due à l'interaction forte (très haute température, pression très élevée). Deux noyaux d'hydrogène (donc deux protons) fusionnent pour former un noyau de deutérium constitué d'un proton et d'un neutron. Un proton s'est donc transformé en neutron et a libéré de cette transformation phénoménale un positron et un neutrino (que l'on considérera comme de l'énergie).



2. Le noyau de deutérium fusionne avec un autre proton pour former un atome d'hélium 3 constitué de deux protons et d'un neutron.

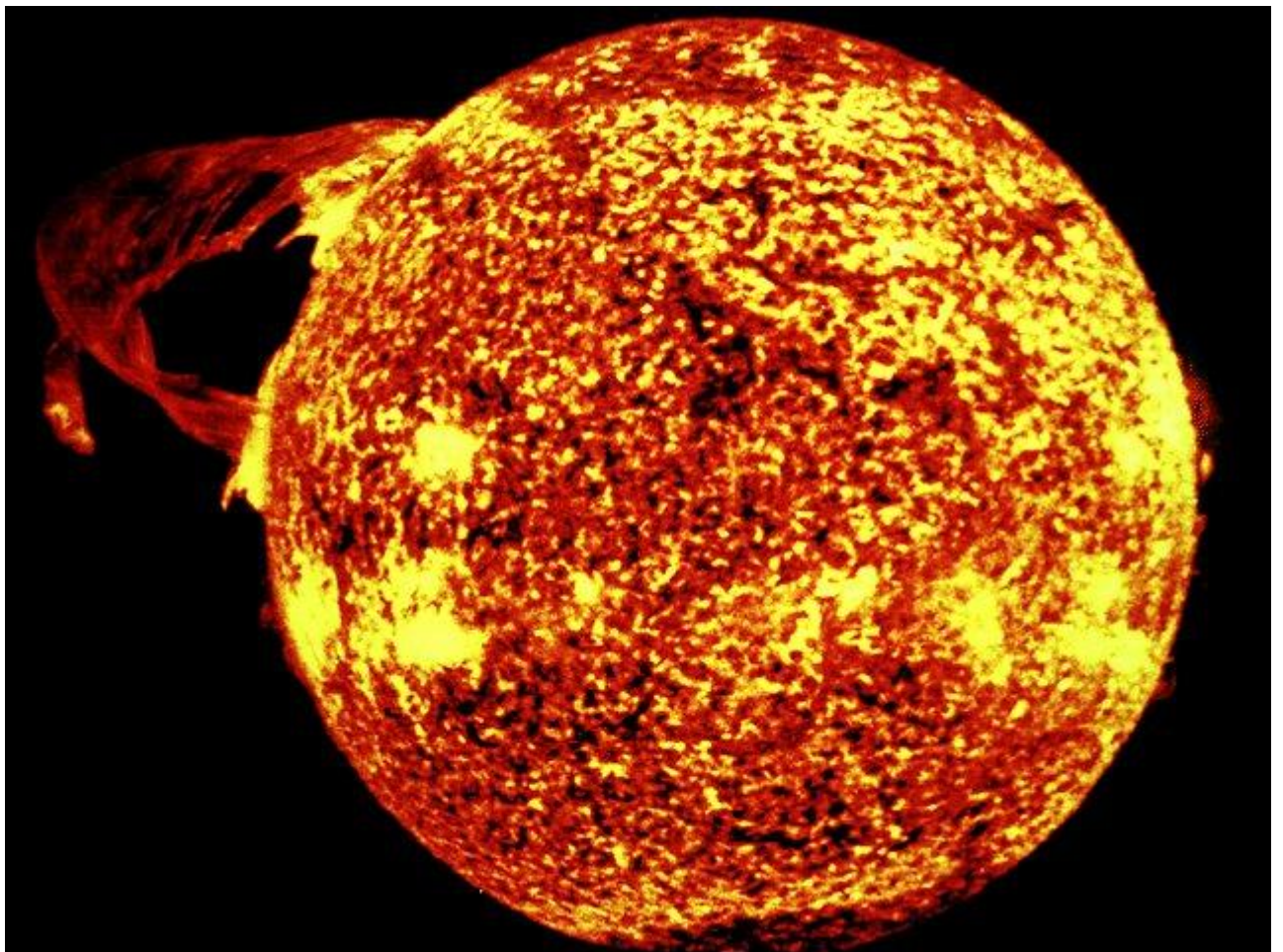


3. Deux noyaux d'hélium 3 fusionnent et donnent un noyau d'hélium 4 qui a deux neutrons et deux protons. Cette fusion libère deux protons et peut se faire entre un atome d'hélium 3 et d'un hélium 4 qui forment un béryllium qui est ensuite désagrégé en deux atomes d'hélium.



A cette fusion s'ajoute une très forte libération d'énergie qui se transmet à la matière dans des cellules de convection. Ce sont des cellules de matière très chaude (qui transportent l'énergie stockée dans le noyau) qui remontent à la surface.

A leur arrivée à la surface du soleil, ces cellules de convection vont créer des distorsions dans le champ magnétique à la surface, ce qui va créer des petites « bulles » de champ magnétique. Ces petits champs magnétiques (des tâches noires visibles à la surface du soleil) vont se remplir de matière provenant des cellules de convection, et au bout d'un moment, quand la quantité de matière est trop grande, elles vont exploser et libérer toute la matière chaude contenue.



À gauche, une éruption solaire.

Le vent solaire, un



# véritable train cosmique

On a vu qu'après son réchauffement, la matière sort du Soleil et se dirige vers l'espace. Mais où va-t-elle? C'est sur cette question que j'ai enquêté pour vous...

Tout d'abord il faut savoir qu'il y a deux types de vent solaire :

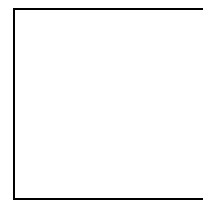
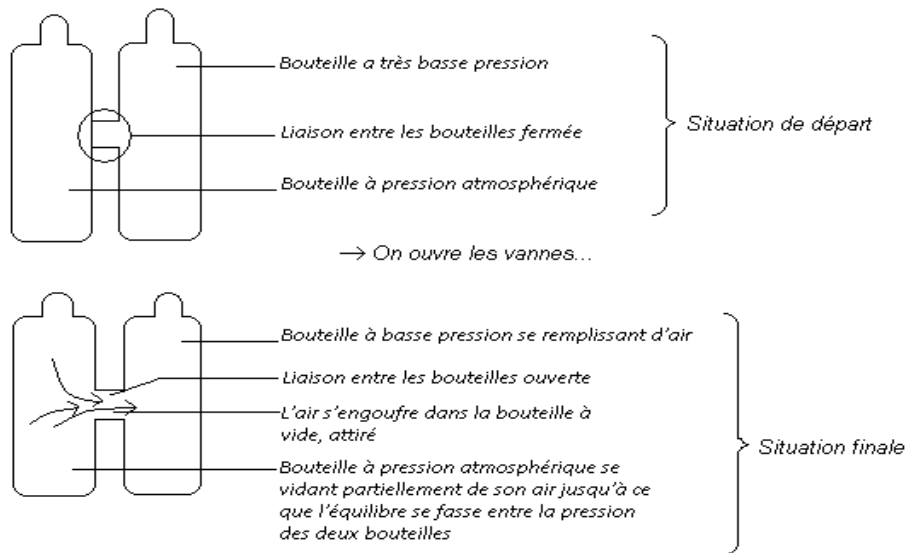
1- Lorsque les cellules de convection éclatent à la surface du Soleil elles peuvent être situées dans une poche magnétique et la matière est retenue dans cette poche et s'accumule. Au bout d'un moment, il y aura trop de pression et la poche éclatera, la matière s'échappera vers le vide.

2- Dans des zones sans influences magnétiques, appelées trous coronaux, la matière s'échappe sans difficulté vers le vide ceci étant dû au même phénomène que dans le cas n°1 ...

L'espace extérieur au soleil a une pression proche de zéro comme l'a démontré Parker, et la matière déborde d'énergie comme on la vu précédemment. Celle-ci va alors combler le vide qui l'attire et s'y dirigera : c'est le même phénomène des bouteilles ci-dessous. (A savoir, cette force d'attraction est plus forte que celle exercée par le Soleil sur les particules en tant que corps différents)

**Trous coronaux** : Le soleil possède des champs magnétiques dits « ouverts » vers l'espace, par opposition aux champs magnétiques fermés (tel le champ magnétique terrestre). Ce sont des zones à faible densité où les lignes de champ sont dirigées vers l'espace et permettent le dégagement du vent solaire dans celui-ci.

*Retablisement de l'équilibre de la pression:  
exemple des bouteilles*



*Parker inventa la théorie de la pression nulle à l'infini en 1958. Démontrant que la pression dans l'espace est égale à zéro et des poussières.*

Les deux cas vus ici se rassemblent dans un même événement :

Le **vent solaire**, de la matière émise chargée, rapide et dense, comme dans le cas n°1, c'est alors du vent éruptif ; ou alors plus faible mais constant, c'est le vent permanent.

**Vent solaire** : Le vent solaire est un flux de *plasma* constitué essentiellement d'ions et d'électrons qui sont éjectés de la haute atmosphère du Soleil. Le milieu interplanétaire est balayé en permanence par ce vent

Ce vent solaire est envoyé de tous les cotés et donc, partiellement vers la terre : c'est celui-ci que nous allons suivre...



Tout d'abord, ce mouvement de matière est formé de **plasma**, soit des ions et des électrons séparés en anarchie complète où aucun élément n'est stable. Par conséquent, ce plasma n'a pas de vitesse de croisière propre, il est trop irrégulier.

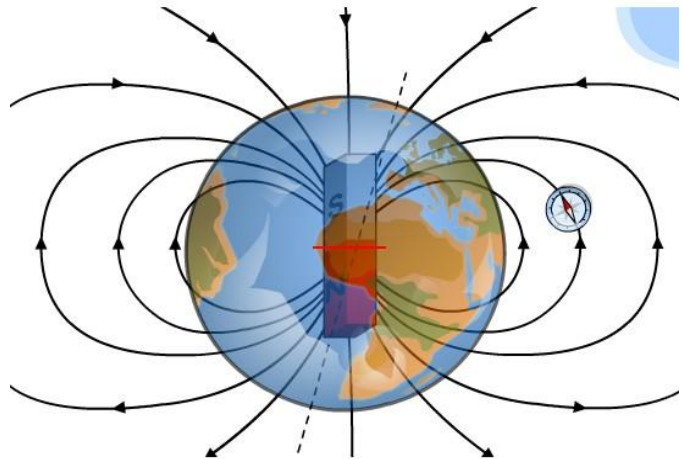
Je me suis donc intéressé aux voyageurs de ce train cosmique !

Constitué de protons et d'électrons principalement, le vent solaire est très peu dense par rapport à nos habituelles  $10^{21}$  particules dans l'air par  $\text{cm}^3$  : 5 protons et 5 électrons /  $\text{cm}^3$  ! Cependant il est à noter que le fait qu'il y ait autant de protons que d'électrons n'est pas hasardeux. En partant du Soleil chaque particule en attire une autre pour le voyage et reste plus ou moins ensemble le plus longtemps possible.

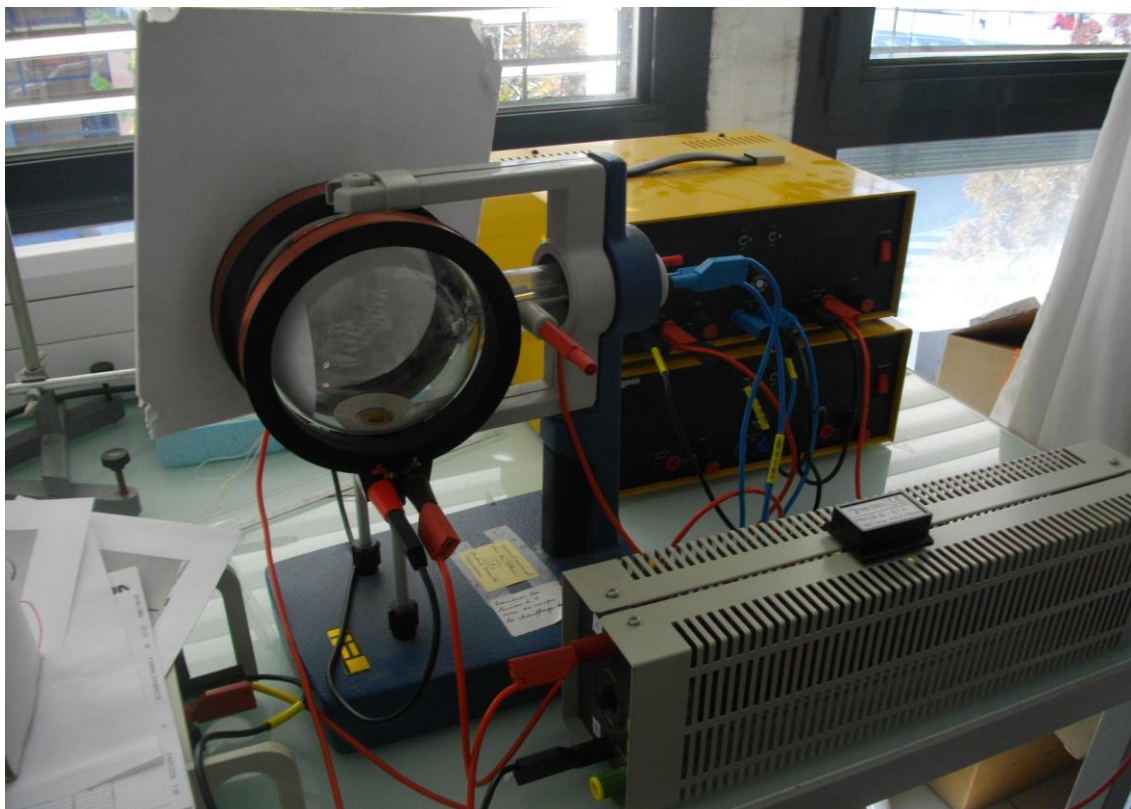


## Zoom : Les champs magnétiques

*D'une façon générale, un champ magnétique règne autour d'un aimant, il oriente des aiguilles aimantées (boussole) ou des grains de limailles de fer. Un aimant est constitué de deux pôles inséparables, un pôle nord positif et un pôle sud négatif. Un champ magnétique est défini par une direction, un sens selon cette direction et une intensité. La Terre dispose d'un champ magnétique tout comme le Soleil et plusieurs autres planètes.*



Pour prouver que le vent solaire est dévié par le champ magnétique terrestre, nous avons réalisé une expérience simple : en représentant le vent solaire comme des électrons (et non pas comme un mélange d'électrons et de protons appelé plasma), nous mettrons en place deux bobines électriques qui produiront un champ magnétique. Ce champ magnétique déviara les électrons comme le champ terrestre dévie le vent solaire.



Seulement, comment visualiser un assemblage d'électrons? Nous nous sommes donc inspirés du phénomène des aurores polaires : les électrons, propulsés par une cathode, exciteront les atomes composant notre diabolique instrument. Comme nous le verrons plus tard, cette excitation libérera un photon et donc, le vent solaire sera visible à l'œil nu.

Le résultat est exactement celui que nous attendions : le faisceau lumineux provoqué par « le vent solaire artificiel » a une trajectoire curviligne. Si nous approchons un aimant du propulseur d'électron, le faisceau lumineux est dévié : en effet, un aimant possède un champ magnétique. Vous pouvez voir une vidéo de notre expérience sur : <http://www.youtube.com/watch?v=H8b2lpGDBrg> ).

On peut donc affirmer que le champ magnétique est dû au déplacement de particules chargées tels les électrons et les ions. Grâce à ce mouvement, un champ magnétique est créé par le vent solaire se diffusant dans tout le cosmos : le champ magnétique interstellaire. C'est le même phénomène pour un fil conducteur enroulé autour d'un morceau de fer au travers lequel on fait passer du courant électrique.

Les particules chargées électriquement (atomes ayant perdu ou gagné des électrons et se déplaçant de façon ordonnée) peuvent ainsi former des courants électriques et donc des champs magnétiques. Réciproquement, la présence d'un champ magnétique impose aux particules chargées de tourner autour de la direction de ce champ.

Après un certain temps, le vent solaire arrive à un embranchement. En effet les voyageurs sont triés à la douane et on entend de loin « ...électron par là ! Proton par ce côté ci, électron par celui là ! Électrons à gauche et protons à droite... » :

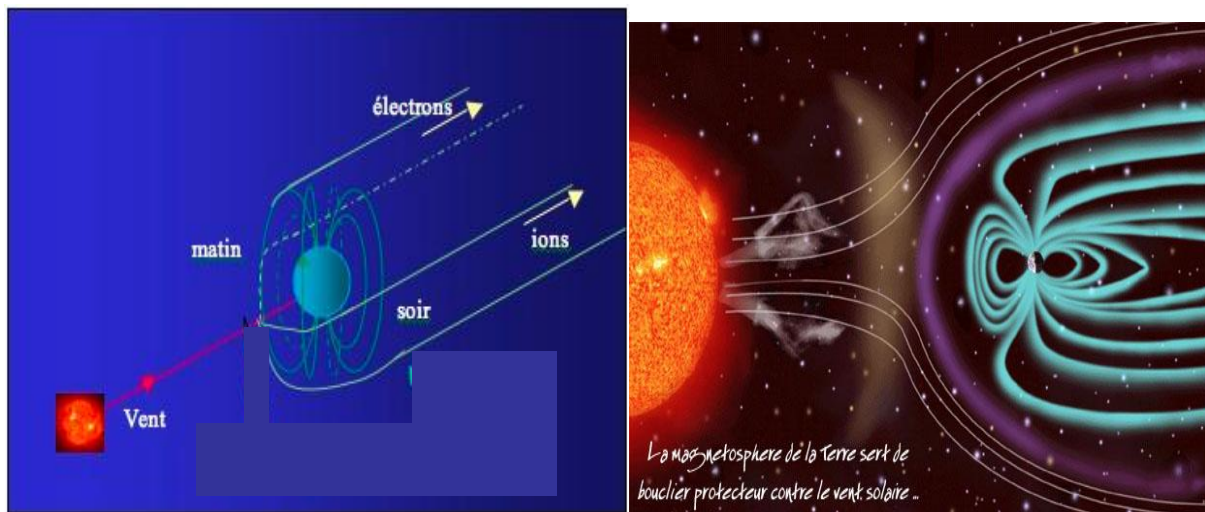
Les deux groupes sont séparés !!!

En fait les deux groupes de particules de charges opposées sont séparés par la force de Lorentz qui, en présence d'un champ magnétique, (ici terrestre) dévie les particules chargées avec un vecteur force perpendiculaire aux lignes de champ dont le sens dépend du signe de la charge de la particule. Les particules chargées à l'opposé sont donc envoyées de deux côtés différents et il en va ainsi pour les électrons et les protons.

Cette force est plus grande que l'attraction coulombienne qui exerce une force d'attraction vers la terre (elle opère depuis longtemps mais en se rapprochant de la Terre, son intensité augmente).

Le résultat est donc une séparation des électrons et des protons par le champ magnétique terrestre environ 27000 km au dessus de l'équateur les électrons se dirigeant vers l'ouest et les protons vers l'est à la limite de la **magnétosphère**. Cette zone de séparation est appelée zone de choc et reste pour plusieurs aspects un grand mystère et est donc un objet d'étude scientifique.

**Magnétosphère** : Partie de l'atmosphère définie par l'étendue du champ magnétique terrestre. La magnétosphère est limitée en lignes de champ, et se termine à la magnétopause.



*On a ci-contre deux schémas avec un qui est juste (à gauche) où la séparation proton/électron se fait de ouest en est et l'autre où cela se fait sur l'axe nord/sud ce qui est complètement faux d'après Mr Lilensten et malheureusement très répandu sur internet (on a eu beaucoup de mal à trouver un schéma juste !)*

Le vent solaire est vraiment immense et passe tout autour de notre planète, légèrement dévié, ce n'est qu'une partie qui sera séparée mais c'est celle qui nous intéresse !

J'ai décidé de suivre les électrons tout en sachant qu'il se passerait la même chose de l'autre côté avec les protons. Une grande glissade commença le long de la magnétosphère mais même séparés de plus de 15 rayons terrestres (à peu près 45000 km) les électrons ressentait l'attraction des protons et un champ électrique se créa entre les deux groupes, traversant la Terre où il est pour certains aspects ressenti par les hommes (brouillage d'ondes radios ou même sur le métabolisme avec l'hydrolyse de notre graisse provoquant une sueur notable chez les personnes en excès de poids). Du coup, avec cette force toujours présente on a 10% des électrons (et la même proportion de protons) qui s'infiltrent et rentrent dans la magnétosphère.

Pendant que ceux-ci pénètrent dans la haute atmosphère le reste continue droit devant suivant sa direction initiale et au fur et à mesure que l'influence du champ magnétique baissera l'attraction électrique reprendra le dessus et les ramènera ensemble 30 rayons terrestres plus loin soit environ 90000km plus loin !

Le vent solaire donne cette forme au champ magnétique terrestre (recroquevillé du côté du Soleil et plus étendu derrière) :

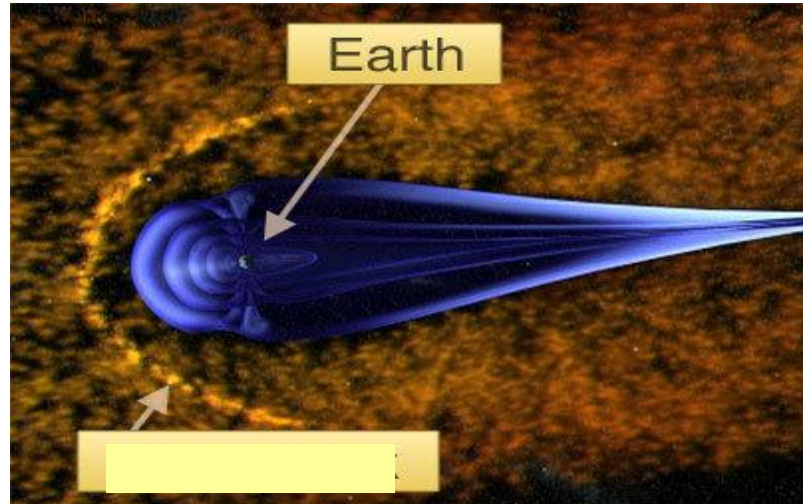


Photo prise par le satellite Trace

Mais ce sont les particules rentrant dans l'atmosphère qui nous intéressent pour les aurores boréales...

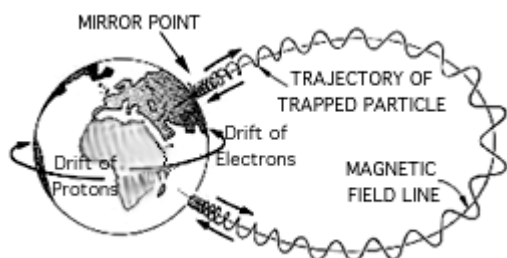
La rencontre espérée :



# Création des aurores

De tout le vent solaire qui arrive sur la magnétosphère, seul 10% parvient à rentrer dans celle-ci; les particules vont se séparer et "s'enrouler" autour des lignes de champ pour créer les ceintures de radiation. Les protons et les électrons sont alors séparés par le champ magnétique, qui selon les lois d'Ampère, crée une séparation des charges.

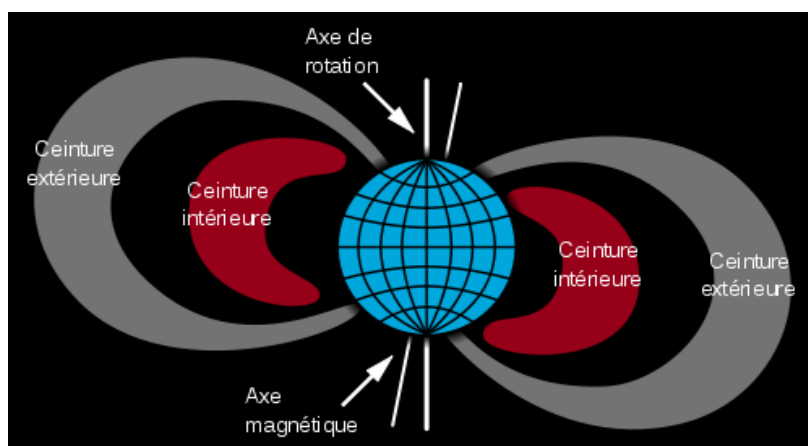
## Que devient le vent solaire à son arrivée dans la magnétosphère ?



Les protons, qui ont bien plus d'énergie que les électrons (*Quelques centaines de MeV\**) vont pénétrer plus loin dans le champ magnétique de notre Terre et rester bloqués entre 1000 et 10 000 km d'altitude. En effet, ceux-ci vont alors **suivre les lignes de champ** du champ magnétique; et tourner autour simultanément à de très grandes vitesses: ils vont suivre une trajectoire en spirale autour de celles-ci comme dans le schéma ci-contre.

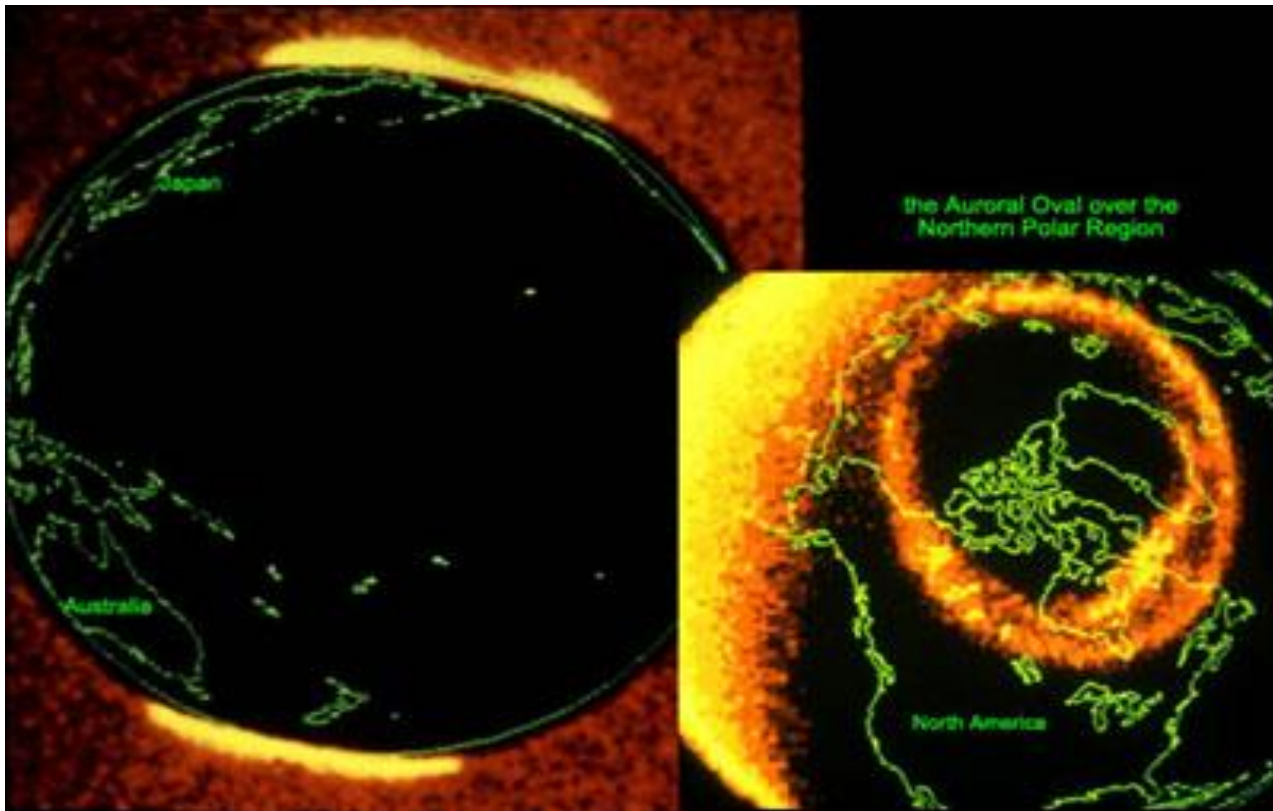
Au fur et à mesure que les protons s'approchent de la Terre, la force magnétique devenant toujours plus grande, ces particules vont ralentir (*les spirales se resserrent comme un ressort*) et même revenir en arrière, quand la force magnétique est plus puissante que la force du proton qui le pousse depuis le soleil. Les protons vont continuer leur trajectoire dans l'autre sens, car cette déviation ne leur enlève toujours pas leur énergie. Ainsi les protons restent **piégés** et vont voyager d'un hémisphère à l'autre.

Ce phénomène donne lieu à une ceinture de radiation, qu'on appelle la ceinture de Van Allen *intérieure*; car c'est la plus proche de la terre.



Les électrons eux, vont s'arrêter plus loin : entre 13 000 et 65 000 kilomètres d'altitude. Comme les protons, ils vont se déplacer très rapidement, du fait de leur haute énergie (jusqu'à 5 MeV), en définissant une trajectoire en spirale autour des lignes de champ.

De même, ils vont créer une ceinture de radiation : la ceinture de Van Allen *extérieure*.



En regardant la Terre du haut (le pôle Nord au centre) nous pouvons distinguer **l'ovale auroral** : c'est l'espace vide où les lignes de champ se rabattent vers le noyau de la Terre, source du champ magnétique. L'ovale auroral (il y en a un au pôle Sud et un au pôle Nord) est la zone où les électrons vont rencontrer les particules de la haute atmosphère. Leur position dépend des *pôles magnétiques*, qui sont exactement au centre de ces ovales.

Pendant leur mouvement dans les ceintures de radiation, la vitesse des particules est accélérée et peuvent atteindre plusieurs dizaines de milliers de kilomètres par seconde. Mais les particules ne vont pas uniquement tourner autour d'une seule ligne de champ : elles vont "glisser" d'une ligne de champ à l'autre !

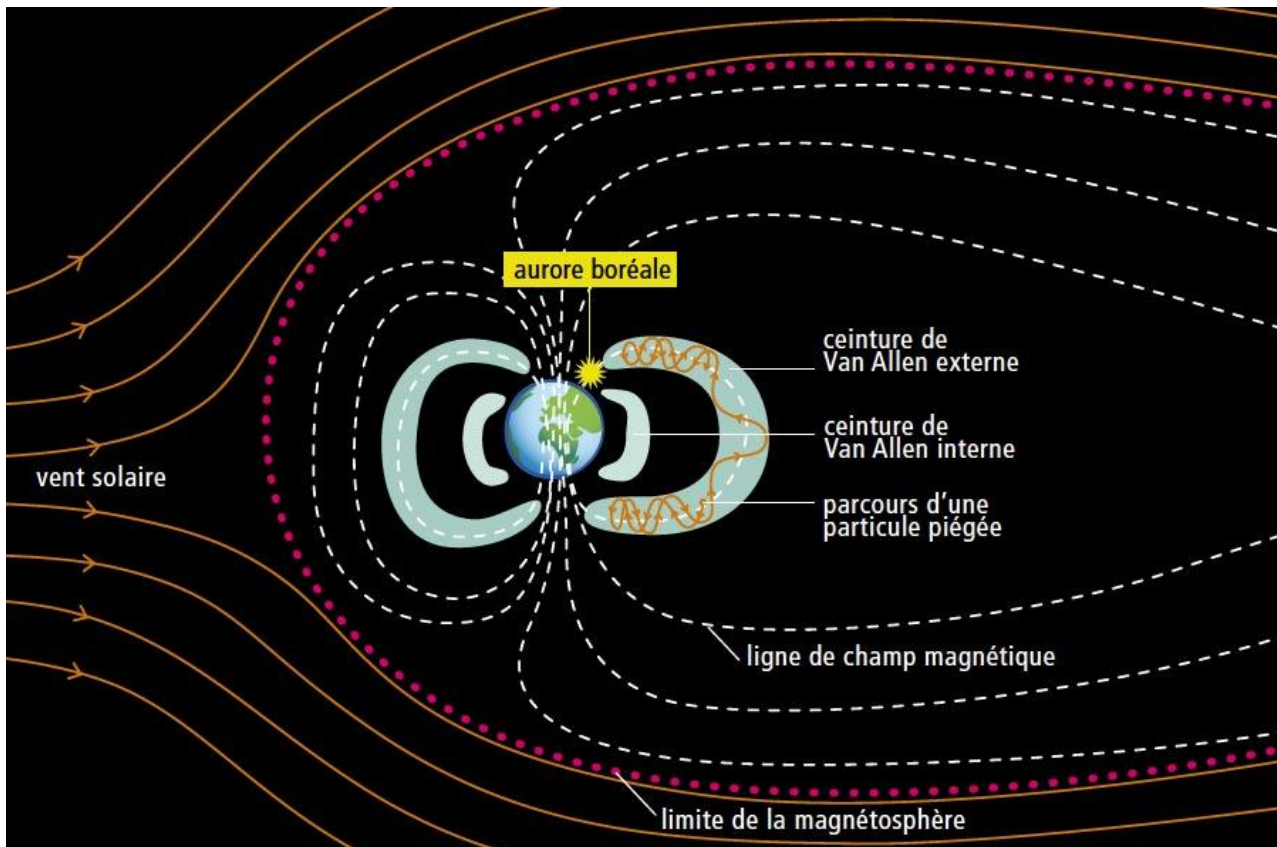
Les protons changent de ligne de champ dans le sens *horaire* ; tandis que les électrons dans le sens *antihoraire*, comme vu dans le schéma plus haut, à cause de la séparation des charges due au champ magnétique. Dans les deux cas, ces déplacements de charges électriques sont l'équivalent d'un *courant électrique* encerclant la terre et circulant dans le sens des aiguilles d'une montre. On appelle ce courant, le **courant annulaire**.



Au niveau du rapprochement des deux ceintures de radiation, les particules vont se rencontrer et s'entrechoquer puis être éjectées au niveau des pôles Nord ou Sud indistinctement en suivant alors le champ magnétique local et ensuite rentrer dans l'atmosphère. Il se crée en même temps une aurore polaire au deux pôles pour cette raison. Les particules qui "longent" les lignes de champ et arrivent au niveau des ovales auroraux vont rejoindre notre atmosphère.

Ici aussi, les particules vont parfois se rencontrer. Les protons vont généralement transférer une partie de leur énergie aux électrons, qui vont eux continuer leur voyage dans notre atmosphère.

Les protons qui se sont entrechoqués, et ont donc perdu une grande partie de leur énergie, vont se stabiliser généralement avant 600km d'altitude, dans la haute atmosphère mais certains vont eux aussi faire leurs propres aurores.. (Voir "Des aurores peu communes...")



## Que va-t-il se passer au niveau de la haute atmosphère?

Pour en revenir à nos électrons, ils ne s'arrêtent pas encore, loin de là ! C'est bien dans la haute atmosphère qu'ils vont créer les aurores polaires.

Ayant reçu une partie de l'énergie des protons, qui, comme nous l'avons dit précédemment, ont bien plus d'énergie que les électrons, ils seront éjectés en direction de la terre. Depuis le soleil jusqu'à la terre, les électrons sont excités et ont beaucoup d'énergie.

Les particules s'entrechoquent avec les atomes et molécules qui composent notre atmosphère : essentiellement du diazote (N<sub>2</sub>) , de l'oxygène (O) et du dioxygène (O<sub>2</sub>) . Notre atmosphère se divise en plusieurs parties, quand nous parlons de haute atmosphère il s'agit d'au dessus de la troposphère, c'est à dire au delà de 15km d'altitude.

Mais ces chocs adviennent surtout entre 80 et 200 km d'altitude ! Pourquoi?

Simplement parce que plus on s'éloigne du sol, plus la pression (donc la densité de particules) diminue. S'il n'y a pas beaucoup de particules, les électrons auront moins de chance d'en rencontrer une et donc de créer une aurore polaire !

Les électrons vont exciter les particules de l'atmosphère (N<sub>2</sub>, O, O<sub>2</sub>) de manières différentes :

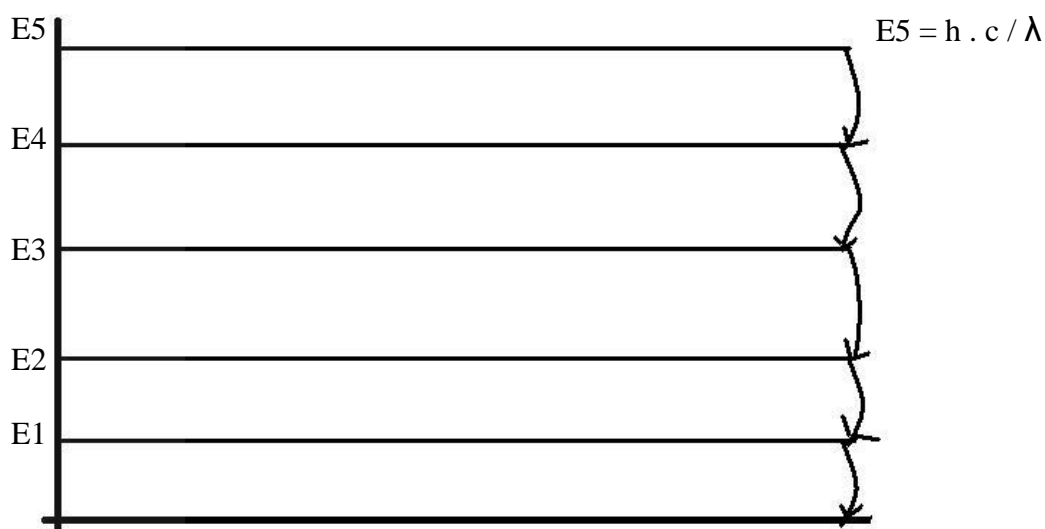
Par ionisation, par excitation électronique, par excitation vibrationnelle et par excitation rotationnelle.

Ces 4 façons d'exciter la matière vont changer la façon dont celle-ci va rendre son énergie accumulée. C'est pour cela que savoir exactement quelle couleur va donner une certaine particule est particulièrement compliqué : cela dépend de sa manière d'excitation et de l'énergie qu'elle a reçue.

Quand une particule va fournir de l'énergie à un atome, celui-ci va s'exciter : les électrons de l'atome vont changer de couches. Ensuite, les électrons reviendront sur leur couche initiale : c'est la **stabilisation**. Ce phénomène peut être brutal ou divisé en plusieurs phases : l'électron se rapprochera peu à peu de sa couche initiale. A chaque fois, que l'électron se rapproche de sa couche, il émet de l'énergie sous forme d'un photon (de la lumière).

*Le schéma modélise un électron qui à changé de couche à cause d'une particule de vent solaire et qui cherche à se stabiliser. Sur notre modèle, l'électron effectuera cette stabilisation en 5 étapes. Chacun de ces mouvements émettra un photon, il y aura donc...5 photons ! Vous avez compris !*

Niveau d'énergie



Niveau d'énergie fondamentale

Ce qu'il se passe réellement, c'est qu'un électron, avec beaucoup d'énergie, va percuter une particule de la haute atmosphère (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, O (>200km)) et lui transférer une partie de son énergie.

Les électrons de cette particule vont alors gagner de l'énergie et gagner un état énergétique supérieur, et au moment de leur stabilisation, c'est à dire le moment où ils vont rendre l'énergie qu'ils ont reçu, ils vont la libérer sous forme de photons. L'énergie libérée est alors égale à  $h.c/\lambda$ . Avec  $h$  étant la **constante de Planck\*\***,  $c$  la **célérité de la lumière\*\*\*** et  $\lambda$  la longueur d'onde des photons émis.

### **Excitation électronique :**

L'électron percute la molécule et transfère une partie de son énergie à un ou plusieurs électrons de la molécule. Ils vont alors gagner un niveau d'énergie supérieur.

### **Excitation par ionisation :**

L'électron percute un ou plusieurs électrons de la molécule et l'éjecte de l'orbite de celle-ci. La molécule est alors ionisée, et les électrons restants vont gagner un niveau d'énergie supérieur pour remplacer le/les électrons perdus.

### **Excitation vibrationnelle :**

L'électron va transférer de l'énergie à la molécule, qui dans ce cas va alors voir ses protons vibrer l'un par rapport à l'autre telle la vibration des deux barres d'un diapason. La molécule entière gagne de l'énergie (cette vibration va aussi libérer de l'énergie thermique) .

### **Excitation rotationnelle :**

Cette fois, les protons de la molécule percutée par l'électron vont tourner l'un autour de l'autre, comme un chat qui cherche à mordre sa queue, car ils se repoussent.

**\*Méga électronvolt :** L'électronvolt (eV) est l'unité d'énergie utilisée en physique des particules : c'est l'énergie acquise par un électron soumis à un potentiel électrique de 1V. Le méga électron volt exprime donc l'énergie acquise par un électron soumis à 1000V.

**\*\*Constante de Planck** =  $6,626068 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$

**\*\*\* Célérité de la lumière :** environ 300 000 km/s

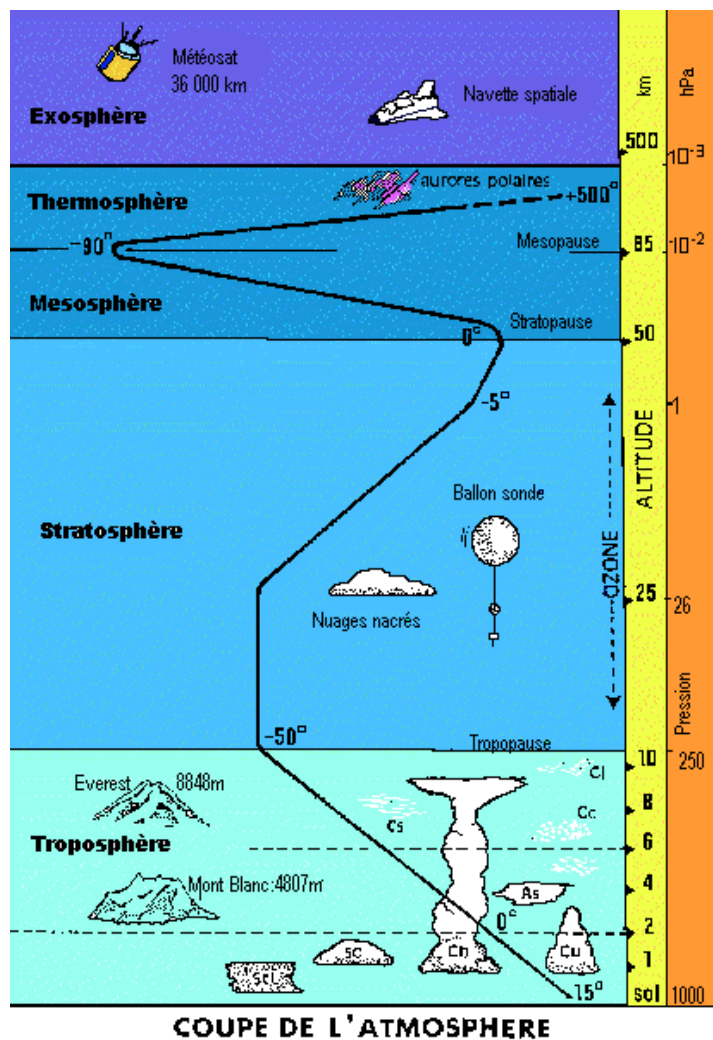
## Mais alors, d'où vient la variété de couleurs des aurores ?

Le photon libéré a une certaine longueur d'onde. Chaque longueur d'onde correspond à une couleur précise, allant de l'ultra-violet jusqu'à l'infrarouge, l'unité de la longueur d'onde est le nanomètre (nm). Pour les aurores polaires, sa valeur varie selon plusieurs facteurs :

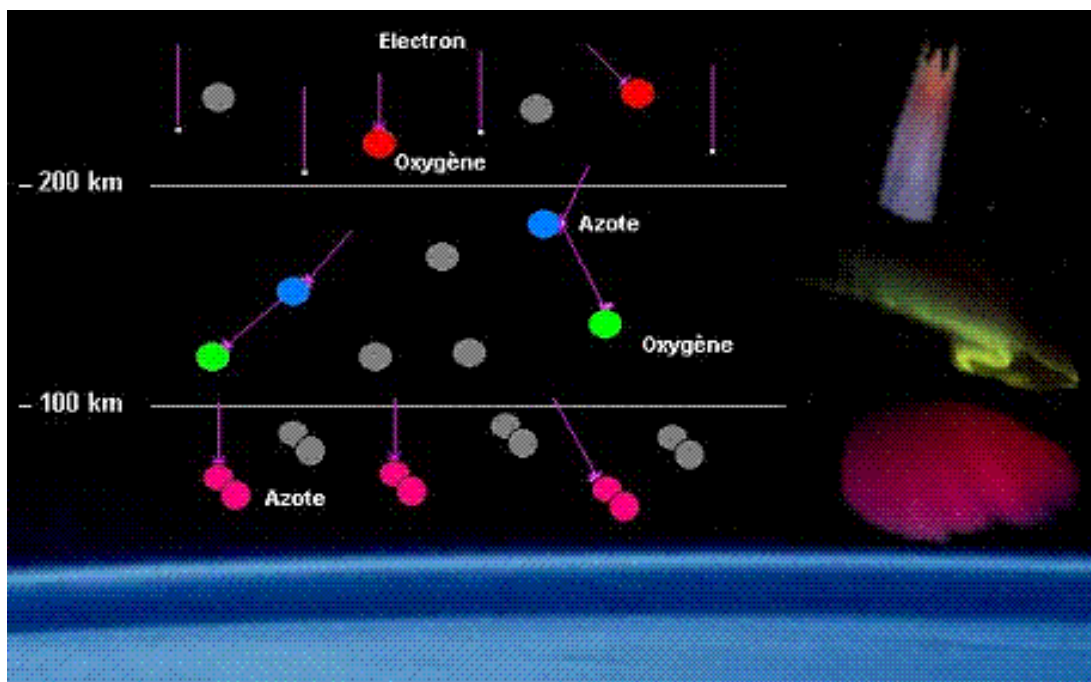


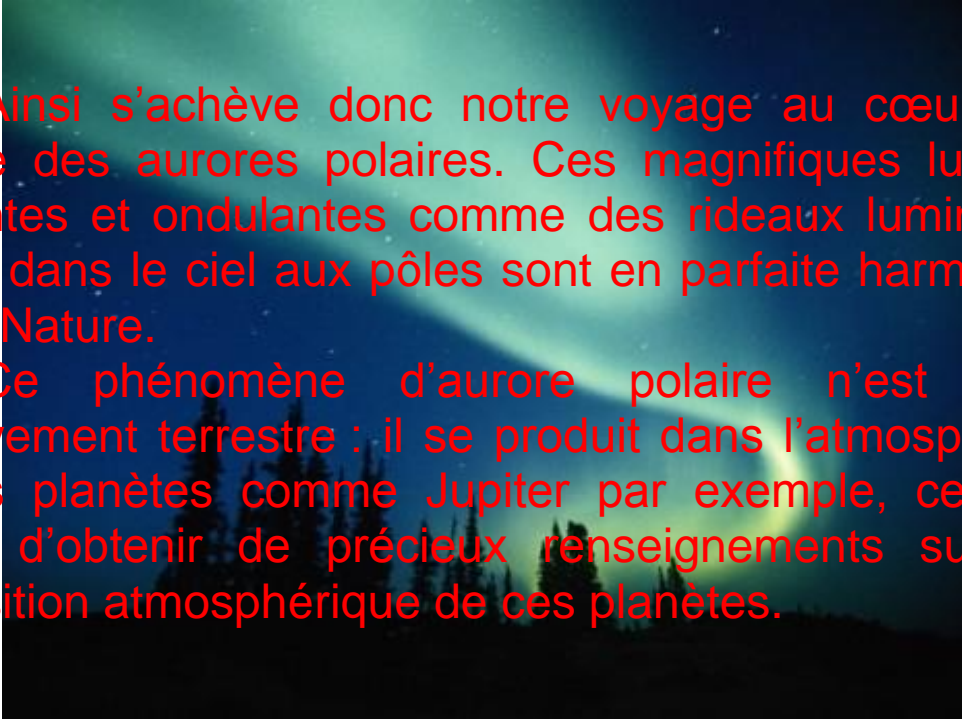
- La vitesse avec laquelle l'électron rentre en collision avec l'atome
- La nature de la particule excitée (le plus souvent, de l'azote ou de l'oxygène)
- Le mode d'excitation de la particule (voir page précédente)
- La température
- etc.

On peut traduire les facteurs de la température et de la vitesse par celui de l'altitude : plus le vent solaire entrera en interaction avec les particules de la haute atmosphère, plus sa vitesse diminuera. Donc, plus l'altitude est faible, plus la vitesse l'est aussi (il est entré en contact avec beaucoup de particules). La température varie aussi selon l'altitude :



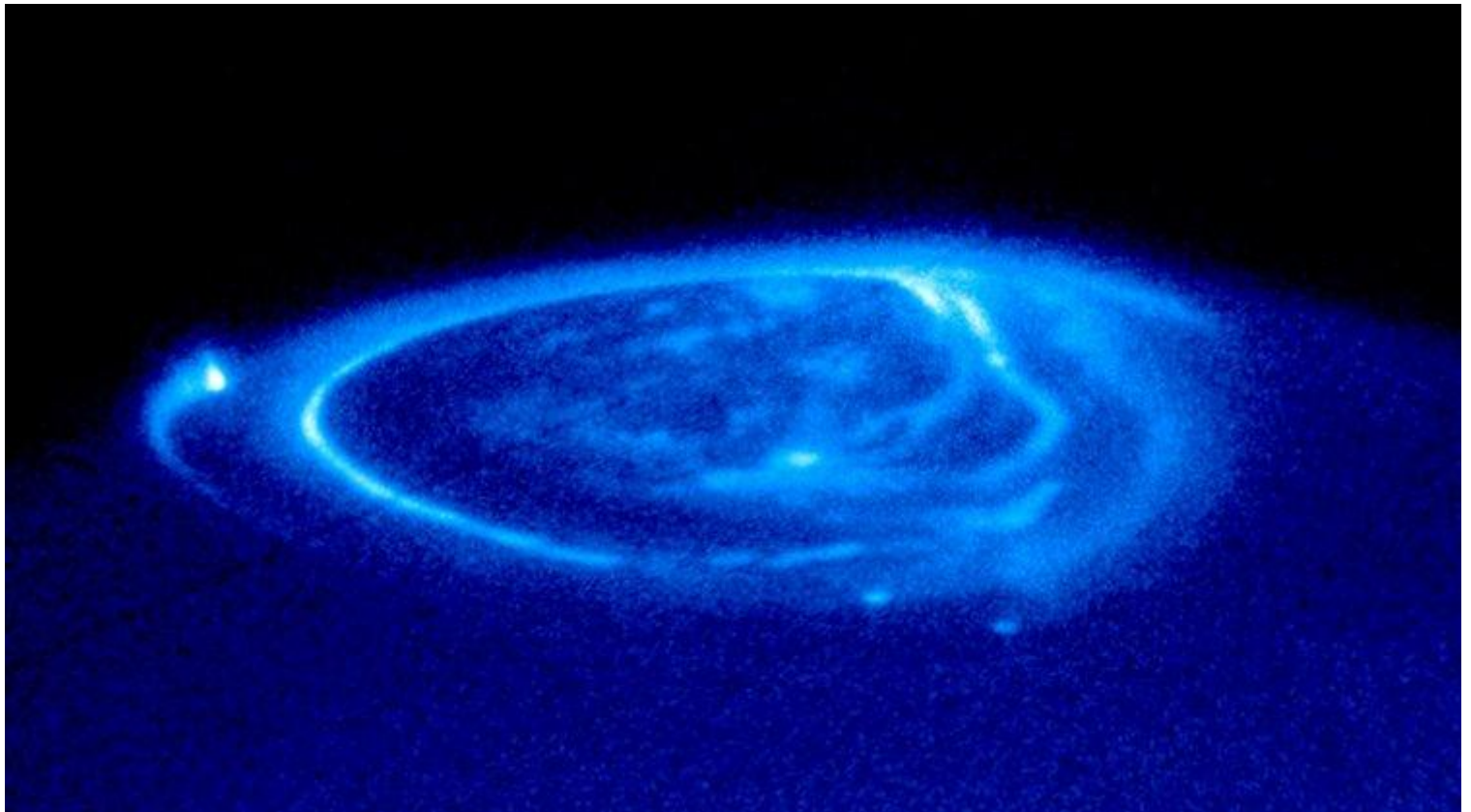
Il est donc presque impossible de prévoir la couleur d'une aurore polaire. On peut quand même dresser un tableau très simplifié qui omet quelques facteurs mais qui sera sûrement utile quand vous contemplez le phénomène :





Ainsi s'achève donc notre voyage au cœur du féérique des aurores polaires. Ces magnifiques lueurs mouvantes et ondulantes comme des rideaux lumineux visibles dans le ciel aux pôles sont en parfaite harmonie avec la Nature.

Ce phénomène d'aurore polaire n'est pas exclusivement terrestre : il se produit dans l'atmosphère d'autres planètes comme Jupiter par exemple, ce qui permet d'obtenir de précieux renseignements sur la composition atmosphérique de ces planètes.



Le vent solaire entraîne cependant des perturbations sur notre planète qui dépend de plus en plus de la technologie : coupures électriques, perturbations des réseaux de télécommunication...

N'oublions que c'est le soleil qui est responsable, et qu'il nous en fait voir de toutes les couleurs !



*Quelques exemples illustratifs...*



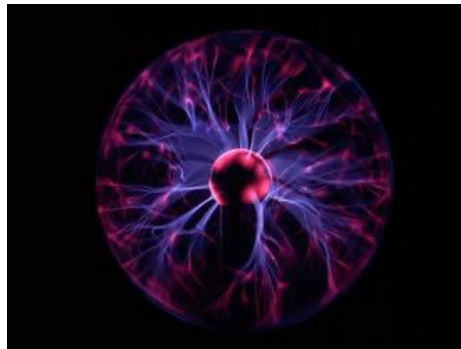




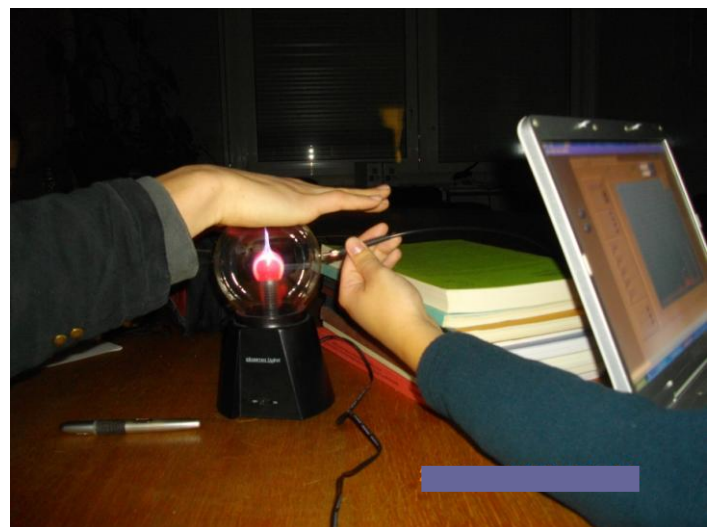
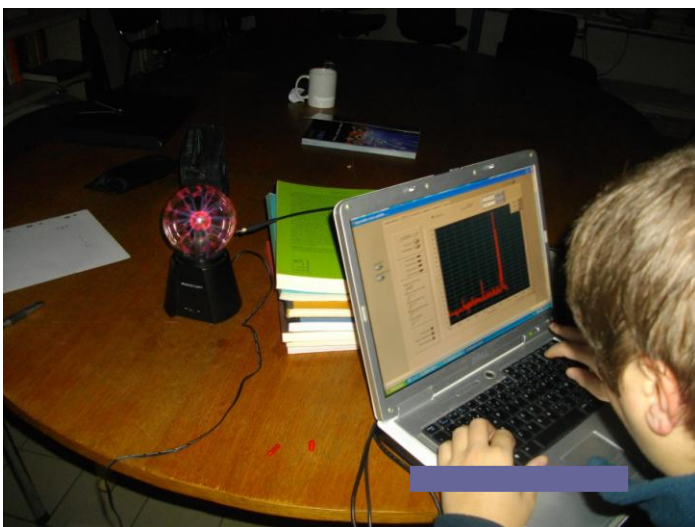
## Zoom : La lampe à plasma

Le principe des aurores polaires a certainement inspiré le créateur de la lampe à plasma. La paroi, conductrice, « attire » les électrons libérés par une cathode ou un canon à électrons.

A l'intérieur de la lampe se trouve un gaz, le plus souvent rare (Hélium, Krypton, Argon, Néon...) qui va être excité par les électrons en mouvement (exactement comme le vent solaire avec les particules de la haute atmosphère). Pas de surprise : l'excitation émettra un photon au moment de la stabilisation, et par conséquent, de la lumière.

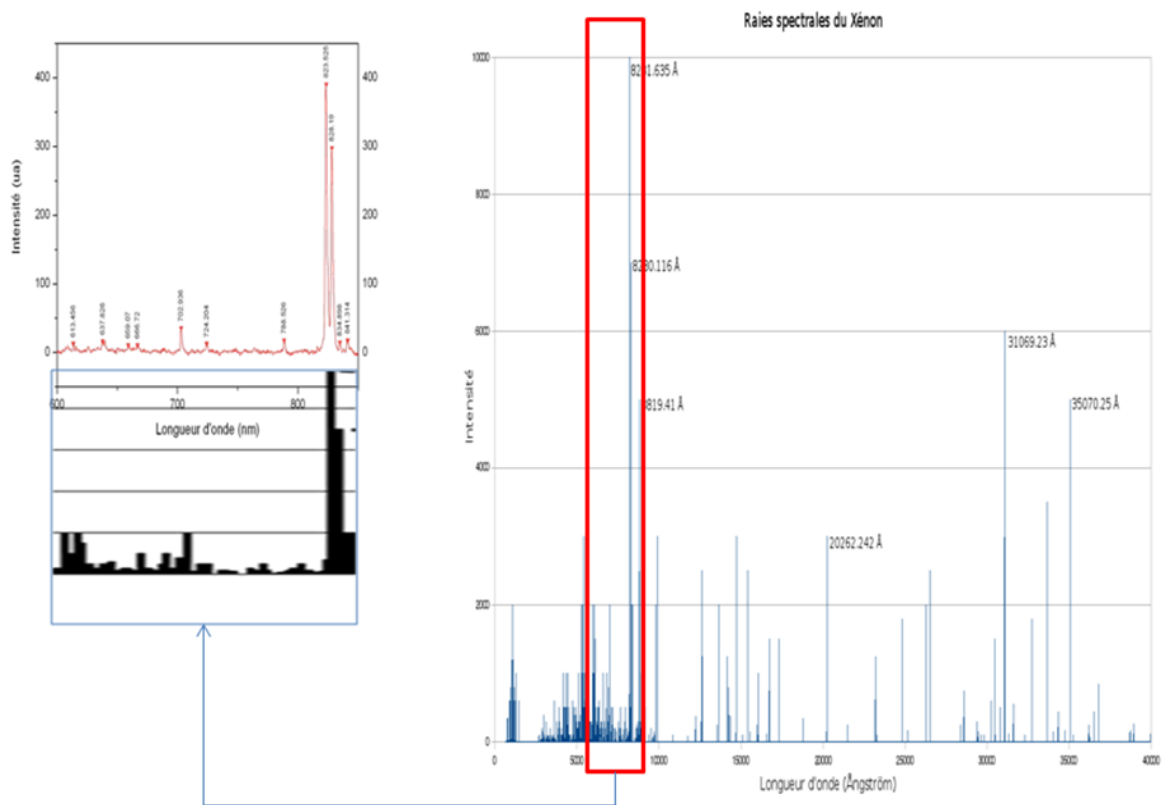


Pour vous, AstroMG<sup>2</sup> a analysé la couleur émise par une lampe à plasma réalisée il y a 4 ans, en technologie, par Mohamed Arikat.



Nous nous sommes rendus au laboratoire de spectrométrie de Grenoble afin d'identifier le gaz contenu dans la lampe à plasma. A l'aide d'un des plus puissants spectromètres français, nous avons enregistré le spectre de la lampe à plasma. « Un spectre d'émission, c'est la carte d'identité d'un objet (le plus souvent une particule) : chaque spectre est différent et on peut identifier l'objet seulement grâce au spectre. Il correspond à « la variation de l'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde. » précise Alain Campargue, chercheur chevronné du CNRS.

Après avoir obtenu les informations nécessaires, nous nous sommes empressés de comparer le spectre obtenu avec le spectre de chaque gaz rare. Celui qui nous semblait être le plus ressemblant fut le Xénon. Voici nos résultats, comparant les deux spectres :



*Le spêctre en rouge, en haut à gauche, est celui de la lampe à plasma , à droite, c'est le spêctre complet du Xénon et, en-dessous du spêctre de la lampe à plasma c'est un zoom des raies d'absorption du Xénon (les longueurs d'ondes qui nous intéressent vont de 650 à 1000 nm).*

**Mission accomplie !**

**Le Xénon est bel et bien le mystérieux gaz recherché !**

## Courrier des lecteurs

Robert Willinson nous a envoyé un message via notre boîte mail [astromg2@hotmail.com](mailto:astromg2@hotmail.com) . Voici sa réflexion :

*Bonjour AstroMG2!*

*Je suis un de vos plus fidèles lecteurs, continuez comme ça. L'article sur les aurores polaires m'a interpellé : vous dites que le vent solaire se déplace à environ 450 km/s (soit plus que la vitesse du son).*

*Or, la masse d'un électron est 2000 fois moins importante que celle d'un proton. Donc, d'après mes calculs et la célèbre définition de l'énergie cinétique, pour une énergie donnée, on a :*

$$E = 1/2mv^2$$

*Or l'énergie que reçoivent les électrons et les protons est la même, donc :*

$$\Leftrightarrow 1/2 m(\text{proton})v^2(\text{proton}) = 1/2 m(\text{électron}) * v^2(\text{électron})$$

$$\text{or } m(\text{proton}) = 2000m(\text{électron})$$

$$\Leftrightarrow 1/2 (2000m(\text{électron})) * v^2(\text{proton}) = 1/2 m(\text{électron}) * v^2(\text{électron})$$

$$\Leftrightarrow 2000v^2(\text{proton}) = v^2(\text{électron}) \quad (\text{on divise par } 1/2 m(\text{électron}))$$

$$\Leftrightarrow v \text{ électron} = \sqrt{v(\text{électron}) / 2000}$$

$$\Leftrightarrow v(\text{électron}) \approx 44.7v(\text{proton})$$

*Donc, la vitesse d'un électron est environ 45 fois plus élevée que celle d'un proton, je me trompe ?*

*Merci pour ce superbe magazine qui éclaire ma vie de toutes ces pages, continuez ainsi !*

Bonjour Robert,

Tes résultats sont tout à fait justes mais tu as oublié de tenir compte de l'interaction forte !

En fait, les protons et les électrons s'attirent. La vitesse est donc la même pour toutes les particules.

Autre chose : la vitesse du son sur Terre n'est pas 340 km/s mais 340 m/s : le vent solaire se déplace 1000 fois plus rapidement que le son sur Terre ! Je te rappelle que, dans l'espace il n'y a pas de son. Il n'est donc pas judicieux de comparer la vitesse du son avec la vitesse du vent solaire...tout ça à cause de Star Wars !

Merci pour tes encouragements, et à bientôt ! ☺.

*PHOTOS prises par  
Mathieu Blanchet*



## Des légendes anciennes ;

Les Aurores polaires sont un phénomène lumineux tout à fait impressionnant, et elles existent depuis bien longtemps .Toutes les anciennes civilisations qui ont pu profiter de ce phénomène ont pu leur associer plusieurs mythes.

Ce sont principalement les anciennes tribus Inuits, vivant près du pôle Nord, qui ont au mieux développé ces légendes.



Déjà en 593 avant J.C. Anaximène parle d'un « nuage de gaz enflammé » dans ses écrits, il devait sans doute s'agir d'une aurore polaire. Il est rare que l'on puisse voir des aurores polaires aux latitudes françaises ou italiennes ; mais les latins associaient déjà ce phénomène au sang et à la bataille. C'était, pour eux, un mauvais présage de mort.

Le mot « aurore » provient de la mythologie romaine. « Aurore » était le nom que les Romains donnaient à la déesse de l'aube. En fait, aurore signifie « lumière qui précède le lever du Soleil ».

Le terme « Aurora borealis » veut en effet dire « l'aube du Nord »

Dans les pays nordiques, le folklore est plein de ces croyances. Par exemple les shamans Inuits du Canada associaient les aurores à des voyages spirituels pouvant les illuminer sur le traitement des malades.

La tradition circumpolaire dit que les Aurora Borealis sont en fait les âmes des personnes décédées lors d'un meurtre, d'un suicide ou d'un accouchement.

## Des Aurores peu communes : Les Aurores à protons

Des aurores à protons ont pu être observées par le satellite Image de la NASA. Selon un rapport de l'ESA (Agence Spatiale Européenne) ; les protons ont pu traverser la magnétosphère par un phénomène de fracturation du champ magnétique terrestre qui laisse entrer ces particules. Ces phénomènes de fracturation sont dus aux orages magnétiques solaires et aux sous-orages magnétiques.

On parle d'orage magnétique quand l'activité solaire admet des grands pics. En effet le Soleil a des cycles d'activité, et généralement tous les 11 ans, le soleil nous réserve des éruptions phénoménales de vent solaire ! Mais par exemple en 2003, il y a eu un très grand orage magnétique qui n'était pas conforme à ce cycle. D'ou l'apparition d'aurores à Briançon, au Texas, en Inde et dans d'autres zones proches de l'équateur !

Les orages magnétiques provoquent donc l'arrivée de beaucoup plus de vent solaire sur la magnétosphère. Cela va donc augmenter la valeur du **courant annulaire** ce qui va engendrer des perturbations dans le champ magnétique, comme par exemple ces courtes fracturations du champ magnétique, qui permettent aux protons de pénétrer dans notre atmosphère et de faire des aurores, de la même façon que les électrons (mais il en résulte principalement une émission ultraviolette, donc invisible).



Et voilà comment a lieu un autre phénomène stupéfiant, bien que moins coloré : les aurores à protons ! Admirez tout de même ce beau drapé lumineux, semblable à des nuages.

# BIBLIOGRAPHIE

- 1 Jean Claude Paul, Adolphe Tomasino, Guy Fontaine. Physique Terminales C.E. Edition Nathan, 1991. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme, page 127.
- 2 Planeterrella. Jean Lilensten, mis à jour le 22 octobre 2009 [consulté le 23/09]. Disponible sur : <http://planeterrella.obs.ujf-grenoble.fr/>
- 3 JB Courbatz. Mission Themis. Cité des Sciences et de l'Industrie, 2007. Vidéo de 7 minutes au format mp4. Disponible sur : [http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/science\\_actualites/sitesactu/question\\_actu.php?id\\_article=8143&langue=fr](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/question_actu.php?id_article=8143&langue=fr)
- 4 Sciences & vie n°1095. Décembre 2008. Petit dossier sur les aurores boréales, page 92 à 97.
- 5 David LYNCH astronome et physicien spécialiste de la physique atmosphérique et William LIVINGSTON astronome spécialiste du Soleil. Aurores Miracles Eclipse. Dunod, 2002. Page 66 à 68.
- 6 Jean ROY Legends of Northern Lights
- 7 The Amazing Northern Lights
- 8 Site de meteorologie national.
- 9 [www.nist.gov](http://www.nist.gov)
- 10 [www.esa.int](http://www.esa.int)
- 11 [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)





# La Maison De l'Astronomie



**Télescopes | Jumelles | Microscopes**  
**Lunettes de repérage | Loupes**  
**Volumes | Jeux scientifiques**

8074 St-Hubert, Montréal, Québec, H2R 2P3

514.279.0063 Fax: 514.279.9628

[www.maisonastonomie.ca](http://www.maisonastonomie.ca) [maison.astro@bellnet.ca](mailto:maison.astro@bellnet.ca)

La Maison de l'Astronomie PL inc.



Remerciements à Thierry du labo  
toujours prêt à nous aider, à l'équipe de  
spectroscopie du CNRS qui nous a motivé  
pour poursuivre des études scientifiques,  
un remerciement aux professeurs qui  
nous ont encadrés durant ce semestre  
pour leurs passages toujours appréciés et  
valorisés, à Mr Lilensten pour le temps  
très précieux qu'il nous a accordé.

**L'équipe MG<sup>2</sup>:**  
**Mohamed Arikat**  
**Massimiliano Comin**  
**Gil Bustarret**  
**Gabriel Campargue**

7.80 euros (France métropolitaine)  
9.90 euros (Belgique)  
Disponible sur le site :  
[www.AstroMG.com](http://www.AstroMG.com)  
et en kiosque