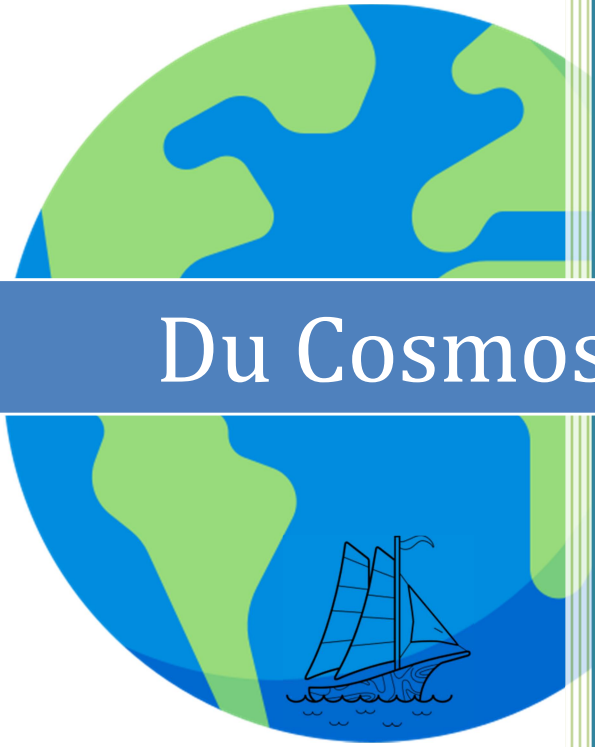
Du Cosmos à l'Océan



Quand l'invisible devient visible

Gaëlle Herbert

Pour 'CosmicSail ' – Astrolabe Expeditions

14/12/2023

Le muon, une particule invisible aux pouvoirs étonnants.

Muon, qui es-tu ?

Je suis une minuscule particule présente partout autour de toi. Tellement petite qu'il est impossible pour toi de me percevoir. J'ai été découvert en 1936 par Carl Anderson et Seth Neddermeyer et fais partie de ce qu'on appelle les « **particules élémentaires** », ces grains microscopiques qui composent la matière. Je suis moins connu que mon cousin, l'électron, mais je suis beaucoup plus lourd : 207 fois, plus exactement. Chaque minute, nous sommes environ 10 000 muons par mètre carré à atteindre la surface de la Terre au niveau de la mer.

Je suis créé à plus de 10 kilomètres au-dessus de ta tête, mais je ne vis pas très vieux : seulement **2.2 microsecondes** en moyenne, soit une infime fraction de seconde. A peine le temps de cligner des yeux que je

ne suis déjà plus là ! Tu te demandes surement comment je fais alors pour arriver jusqu'à toi en si peu de temps. C'est dû à un de mes pouvoirs : celui de me déplacer à une **vitesse proche de celle de la lumière**, soit 300 millions de mètres par seconde! En plus de me donner une énergie très puissante, cela me permet de parcourir de longues distances en très peu de temps. Mais ce n'est pas tout, j'ai aussi la capacité de **traverser la matière**. Je peux ainsi parcourir plusieurs kilomètres à travers la roche et la glace ! Pratique n'est-ce pas ?

D'ailleurs pendant que tu lis ces lignes, ton corps a été traversé par plusieurs centaines de mes frères muons !

D'où viens-tu ?

Je suis une composante de ce qu'on appelle le « **rayonnement cosmique** ». Je suis créé lorsque des particules de très hautes énergies en provenance de l'espace percutent l'atmosphère de la Terre. Les collisions avec les atomes et molécules de l'atmosphère vont créer une multitude de **particules dites « secondaires »**. Mes frères et sœurs en quelque sorte. Nous formons un peu comme une pluie invisible et continue qui tombe sur la Terre. Parmi ces nouvelles particules, la plupart sont absorbées dans l'atmosphère mais certaines sont capables d'atteindre le sol. C'est mon cas et le cas de certains de mes frères muons.

Mais viens avec moi, je t'emmène plus haut dans le ciel pour t'en dire un peu plus sur ce « rayonnement cosmique »…

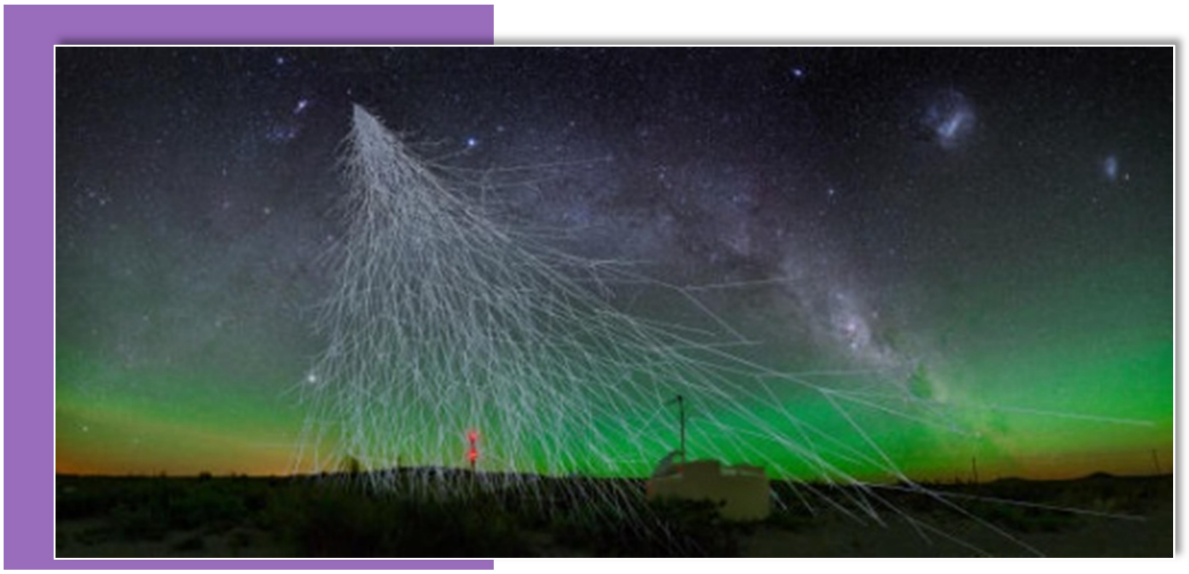
Le « rayonnement cosmique », des voyageurs interstellaires

Malgré le nom qu'il lui est donné, le rayonnement cosmique n'est pas un rayon lumineux. Il se compose en fait de **particules d'énergies**. Une partie de ces particules, les plus énergétiques, viennent du **cosmos très lointain**, lorsqu'une étoile en fin de vie explose par exemple**.** Ils peuvent donc avoir parcouru des millions de kilomètres cosmiques pour arriver jusqu'à nous. De vraies voyageuses interstellaires !

D'autres nous sont envoyées par notre voisin, le **soleil.** En effet, on sait que le soleil produit de la lumière, mais pas seulement. Il émet aussi un flot continu de particules chargées électriquement tout autour de lui, principalement des **protons et des électrons.** Sous l'effet des réactions qui se déroulent dans le Soleil, ces particules sont éjectées et propulsées dans l'espace à une vitesse d'environ 1 300 000 km par heure ! Elles forment ce que l'on appelle **les vents solaires.** Ces derniers peuvent être plus ou moins intenses selon l'activité du soleil. Il peut y avoir par exemple des **tempêtes solaire**s pendant lesquelles ils sont extrêmement puissants.

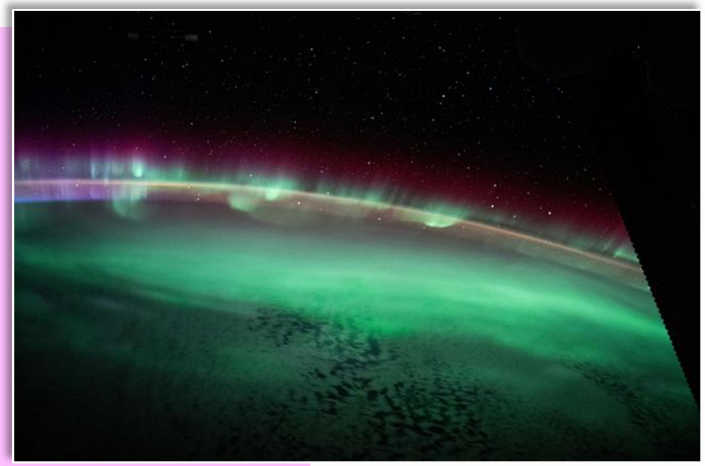
L'espace contient donc plein de particules bourrées d'énergie qui foncent à toute allure vers nous ?!

Oui, mais pas de panique. L'atmosphère de la Terre est chargée de les ralentir. En particulier la **magnétosphère**, qui joue le rôle de bouclier invisible. Il s'agit d'un **champ magnétique** qui agit comme un énorme aimant **:** il « capture » certaines particules et les font glisser vers les pôles nord et sud où elles entrent plus profondément dans l'atmosphère. Et là, c'est le feu d'artifice ! Les particules pleine d'énergie, en particulier celles que l'on appelle les protons et électrons, entrent en collision avec les atomes qui composent la haute atmosphère (comme l'oxygène ou l'azote) et provoquent des milliards et des milliards de chocs violents dans le ciel. Ça se bouscule de partout ! A chaque choc, l'énergie est libérée et une lumière est émise, donnant ainsi ce phénomène coloré poétique que sont les **aurores polaires**.

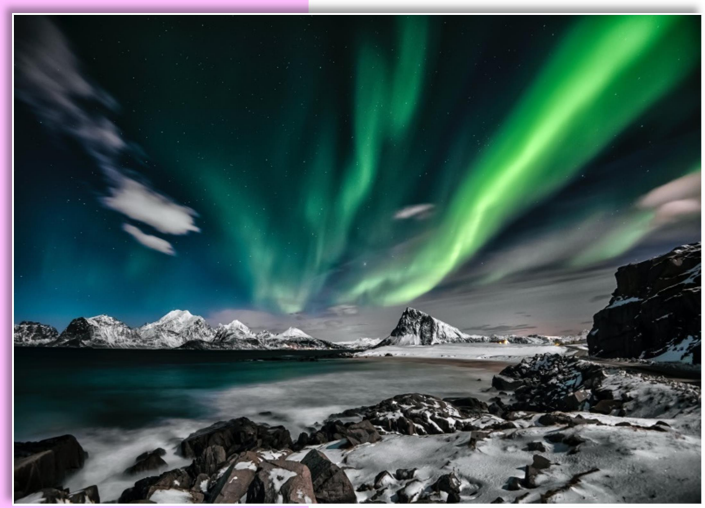


Vue d'artiste d'une pluie de particules engendrée par des rayons cosmiques.
A. CHANTELAUZE, S. STAFFI, L. BRET

Les aurores polaires, ces lumières dansantes aux multiples couleurs



Aurore australe vue de l'espace. (Source: NASA)



Aurore boréale vue du sol (Lofoten, Norvège)

On les appelle **aurores boréales** dans l'hémisphère Nord et **aurores australes** dans l'hémisphère Sud. Elles apparaissent dans une zone centrée sur chaque pôle magnétique : l'**ovale auroral**. Dans l'hémisphère nord, l'ovale auroral traverse le **nord de la Scandinavie, l'Alaska et le Canada**. Dans l'hémisphère sud, elles apparaissent surtout au-dessus de l'**Antarctique**. Parfois, lors de fortes tempêtes solaires, d'intenses aurores peuvent être observées dans le Nord de l'Europe et de l'Amérique.

Les aurores polaires ont une palette de couleurs qui dépendent notamment de leur altitude, la nature des éléments chimiques présents dans l'atmosphère, et la quantité d'énergie libérée. La couleur que l'on observe le plus souvent est le **vert, associé à l'oxygène**. D'autres sont plus difficiles à observer comme le bleu ou le mauve.

L'aurore n'est pas fixe et se manifeste par des nuages lumineux qui semblent danser dans le ciel. Il y a des milliers d'années, aussi bien en Occident qu'en Chine, elles étaient ainsi considérées comme des serpents ou des dragons crachant du feu !

Il paraitrait aussi qu'elles soient parfois accompagnées de sons étranges… Qui sait, peut-être qu'un jour on découvrira que ces lumières dansantes ne sont pas la seule manière qu'ont trouvé ces messagères du cosmos de nous délivrer leur message. Alors, ouvrons l'œil et tendons l'oreille…

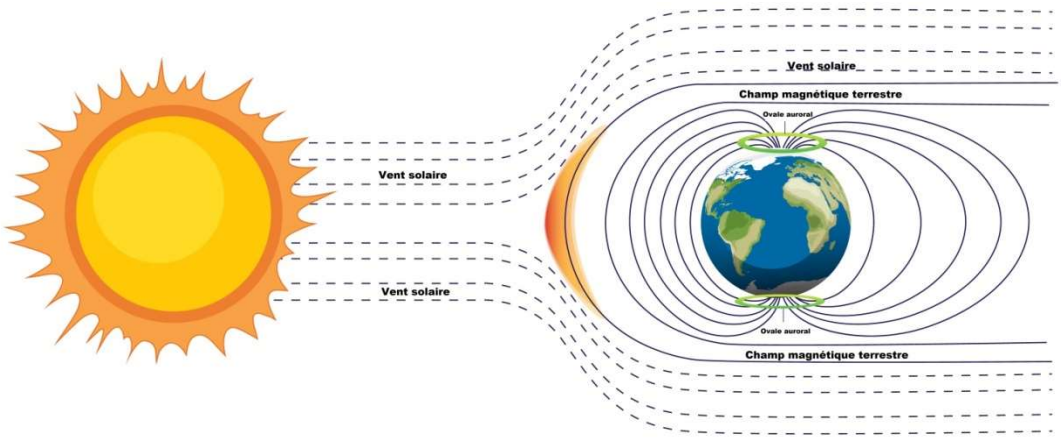


Schéma qui montre les particules du vent solaire qui atteignent la Terre et créent les aurores polaires.

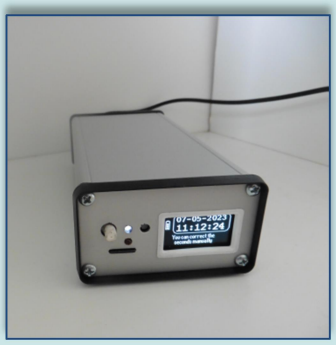
Revenons-en aux muons...

Même si nous sommes plus nombreux aux pôles Nord et Sud, moi et mes frères muons sommes aussi présents partout sur le globe. En effet, le bouclier magnétique n'est pas étanche à 100% et laisse passer quelques particules du rayonnement cosmique dont nous sommes issus.

A quoi ça sert de vous détecter ?

Les scientifiques nous observent et nous mesurent avec un équipement complexe et couteux pour en savoir plus sur l'univers. Ils tentent par exemple d'obtenir des informations sur la particule qui nous a donné naissance, son origine et ses propriétés. Cependant, des détecteurs portables plus petits et moins chers existent aussi et permettent à tous de nous détecter et nous compter. Chacun peut ainsi devenir un citoyen physicien des particules !

Pour t'expliquer rapidement, lorsque je traverse le détecteur et interagis avec un matériel particulier qui le compose, appelé « **scintillateur** », un éclat de lumière est créé et je suis détecté. Fini pour moi de passer incognito ! La petite taille de ces détecteurs ne permet pas d'obtenir des informations aussi précises sur moi et sur les particules cosmiques qui m'ont créé par comparaison aux détecteurs plus sophistiqués des laboratoires, mais amènent tout de même des informations intéressantes. En effet, selon **la température et la pression de l'atmosphère**, nous serons plus ou moins nombreux à naitre. Nous avons ainsi tendance à être plus nombreux lorsque qu'il fait plus froid. **L'activité solaire** a aussi un impact sur nous, tout comme les **variations de latitude** : nous sommes **plus nombreux aux pôles Nord et Sud qu'à l'équateur**.



Détecteur de muon portable [1]

Les scientifiques utilisent des modèles pour estimer notre nombre par unité de temps sur les océans car leurs détecteurs sont à terre, sur les continents. Détecter notre présence sur les océans permet d'apporter des données là où il n'y en a pas, et de les confronter aux estimations de ces modèles.

Finalement, aussi minuscules soient-elles, les particules cosmiques sont associées à des phénomènes aux échelles de temps et d'espace gigantesques, reliant ainsi l'infiniment petit à l'infiniment grand. Bien que certains voiles aient été levés depuis leur découverte, beaucoup de mystères sont encore à découvrir autour des muons, de ses frères et sœurs cosmiques, et des phénomènes qui y sont liés.

Ça tombe bien, nous on adore être curieux ! Et toi ?

Attributions : Les icônes utilisées dans ce document ont été fournies par Flaticon. En particulier : Terre et Soleil (Freepik) ; Voilier (Eight Blck Dots) ; Atomes (Iconsy) ; Super-héros (Freepik) ; Etoiles noires (Srip) ; détective (Pixabay) et Storyset (Soleil+Terre) -- [1] *Le détecteur de muons portable a été conçu en collaboration avec l'association My Human Kit.*