

# Ceintures de Van Allen

## Sommaire

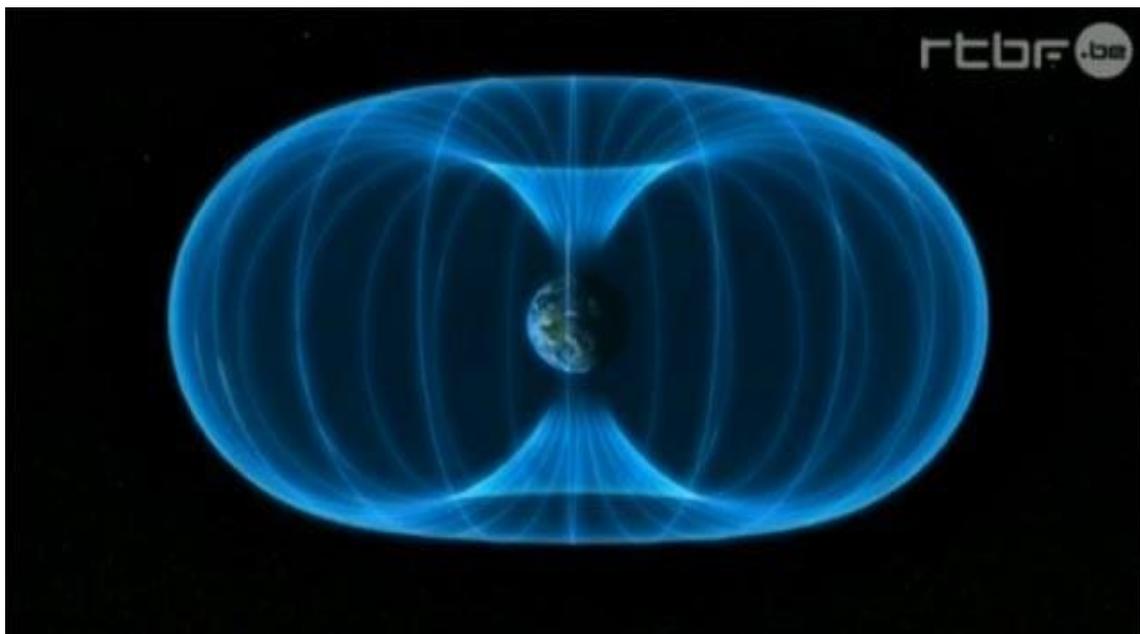
1. Les ceintures de radiations – La magnétosphère
2. Les ceintures de Van Allen
3. Analyse approfondie des ceintures de Van Allen
4. Les vents solaires – les tempêtes solaires
5. Les aurores boréales et australes
6. Les sondes jumelles Van Allen de la NASA
7. Les ceintures de Van Allen et la conquête spatiale
8. Les conséquences des ceintures de Van Allen, la vie sur Terre

## 1- Les ceintures de radiations – La magnétosphère

Une **ceinture de rayonnement** ou **ceinture de radiation** d'une planète est une région de sa **magnétosphère** dans laquelle des particules chargées à haute énergie sont piégées par le champ magnétique de la planète.

**Magnétosphère terrestre** : région entourant la terre dans laquelle les phénomènes physiques sont dominés ou organisés par le champ magnétique terrestre agissant comme un écran et protégeant la surface terrestre des excès du vent solaire, nocifs pour la vie.

La **magnétosphère** terrestre est située au-delà de l'ionosphère, c'est-à-dire au-dessus de 800 à 1 000 km d'altitude.



Le champ magnétique terrestre.

La magnétosphère est créée par le champ magnétique terrestre.

*!!! La disparition du champ magnétique dans quelques milliards d'années (due au refroidissement du noyau) causera la disparition de la vie sur Terre. Ainsi si la terre n'est pas protégée des vents solaires, la biodiversité sera détruite. Le champ magnétique constitue une sorte de bouclier qui dévient les particules des vents solaires.*

Les ceintures de rayonnement entourant la Terre sont appelées **ceintures de Van Allen**.



Notre planète possède deux ceintures stables, mais d'autres peuvent être créées par moments. Leur découverte est attribuée à **James Alfred Van Allen** et elles portent de ce fait son nom.

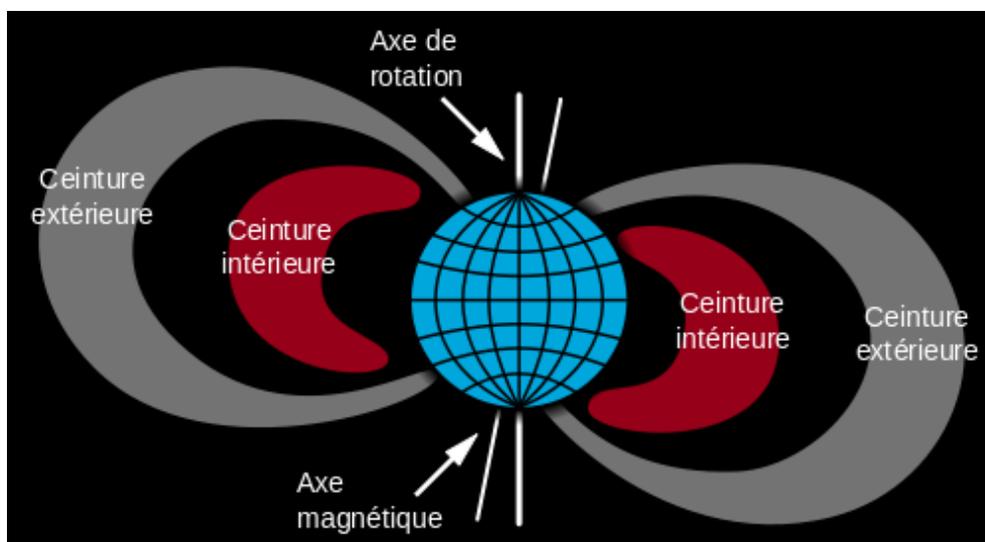
Dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle (vers 1958), des scientifiques avaient supposé que des ions et des électrons puissent être capturés par le champ magnétique terrestre. Cependant, ils pensaient que les particules capturées lors d'une éruption solaire formaient un anneau se désagrégeant rapidement après l'éruption.

La découverte proprement dite des ceintures de radiations a été, par la suite, attribuée à James Alfred Van Allen qui, avec ses étudiants, a été le premier scientifique à confirmer leur existence. Les sondes spatiales **Explorer 1**, **Explorer 3**, **Explorer 4** et **Pioneer 3**, toutes lancées en 1958, ont fourni les données confirmant l'existence des ceintures puis ont permis leur cartographie.

## 2- Ceintures de Van Allen

Elles correspondent à une zone de piégeage de la magnétosphère terrestre qui entoure l'équateur magnétique de la terre (grand cercle de la sphère céleste perpendiculaire à l'axe de rotation de la terre).

Elles ont la forme d'un tore (donut) entourant la Terre autour de son équateur magnétique et maintenues en place par le champ magnétique terrestre.



**Représentation schématique de la ceinture de Van Allen.**

Les ceintures forment une zone toroïdale de la magnétosphère de la Terre qui entoure l'équateur magnétique, elles contiennent une très grande densité de particules énergétiques (protons, électrons...) provenant du **vent solaire**. Après être prises au piège par le champ magnétique, celles-ci se retrouvent dans la ceinture.

On peut considérer qu'elles sont constituées de deux zones différentes « ceinture intérieure » et « ceinture extérieure ».

La première ceinture se situe entre 700 km et 1000 km d'altitude.

La deuxième ceinture est plus haute, entre 13000 km et 65000 km d'altitude.

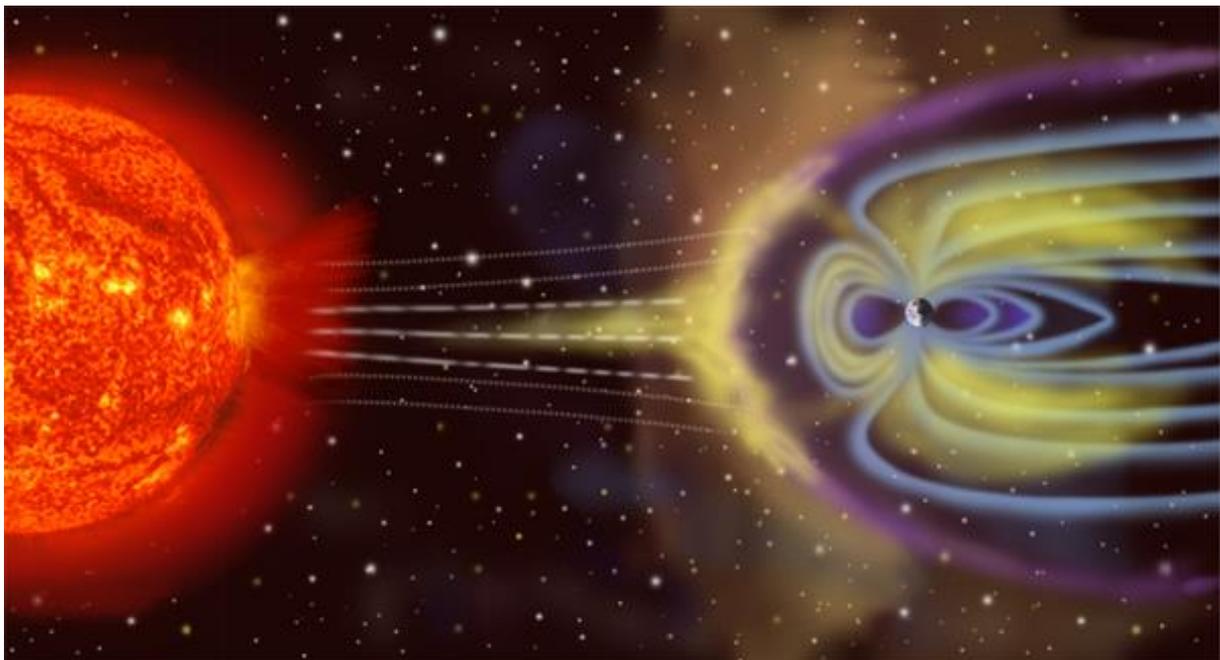
### **3- Analyse approfondie de la magnétosphère et des ceintures de Van Allen**

#### **Les vents solaires allant vers la Terre :**

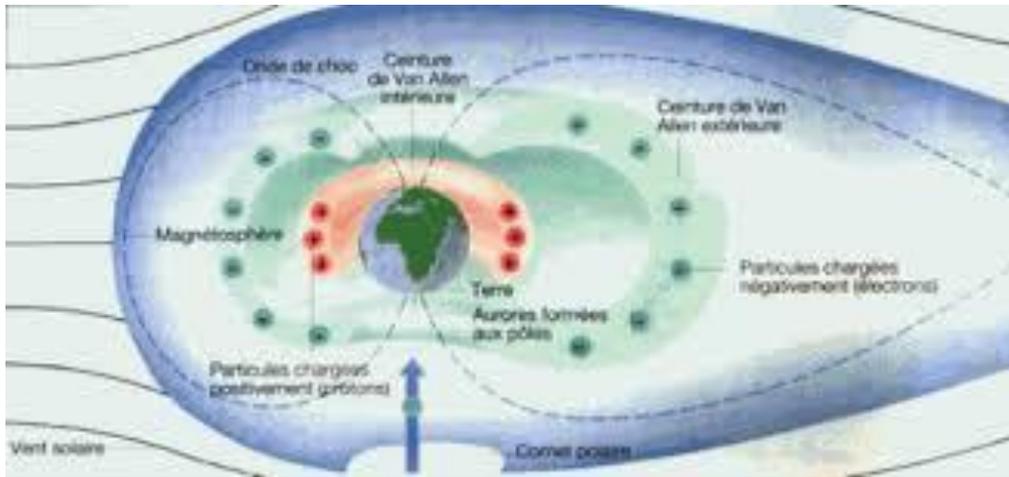
Notre planète est entourée par un champ magnétique, généré par les déplacements du noyau métallique liquide (magma fluide fait de fer et de nickel en fusion) à l'intérieur de son noyau externe.

Le champ magnétique peut a priori être comparé à un aimant.

La magnétosphère s'oppose au **vent solaire** comme une pile de pont au courant d'une rivière. En contrepartie le vent solaire déforme le champ magnétique de la Terre en lui donnant généralement une forme de queue de comète, comme le montre schématiquement la figure ci-dessous. Elle nous protège contre le vent solaire et agit comme un bouclier. La magnétosphère est déformée par le vent solaire. Elle est comprimée du côté diurne alors qu'elle s'étend à de grandes distances du côté nocturne.



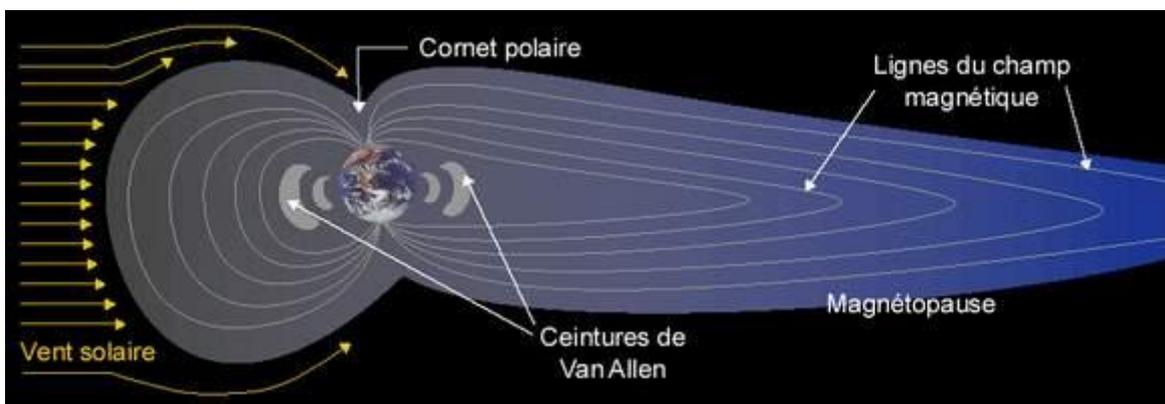
**En l'absence de vent solaire, les lignes de force du champ magnétique sont symétriques par rapport aux pôles. Mais le champ magnétique terrestre est comprimé par le plasma solaire contenu dans le vent solaire (flux d'ions et d'électrons).**



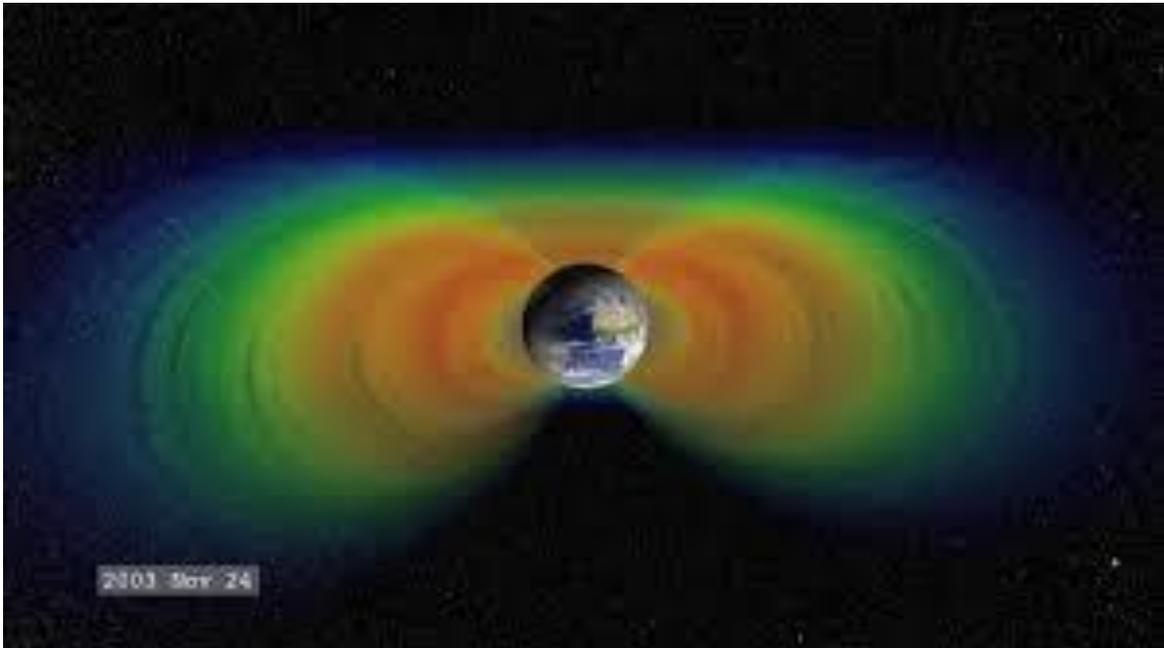
La première ceinture (entre 700 km et 1000 km d'altitude) est principalement constituée de protons à haute énergie provenant du vent solaire (jusqu'à plusieurs centaines de MeV à des débits de fluence (mesure de l'intensité du déplacement des particules) de plusieurs dizaines de milliers de protons par centimètre carré et par seconde dans les zones les plus intenses).

La deuxième ceinture est plus haute, entre 13000 km et 65000 km d'altitude, elle est, cette fois, constituée d'électrons.

Les ceintures de Van Allen ne sont pas de ceintures de radiations proprement dites, mais des ceintures magnétiques et électriquement chargées qui piègent les particules à haute énergie issues du Soleil.



Une fois dans la ceinture de Van Allen, les particules du vent solaire adoptent un mouvement de rotation très bref autour des lignes de champ magnétique, puis elles oscillent au moment où les particules arrivent au bout de la ligne de force, enfin elles dérivent lentement autour de la Terre (les électrons et les protons prennent des directions opposées). La ceinture de Van Allen constitue donc une zone de piégeage des radiations, elles précipitent les particules solaires dans la haute atmosphère protégeant ainsi la terre.



***Cependant, notre champ magnétique présente deux niveaux de faiblesse que sont les pôles.***

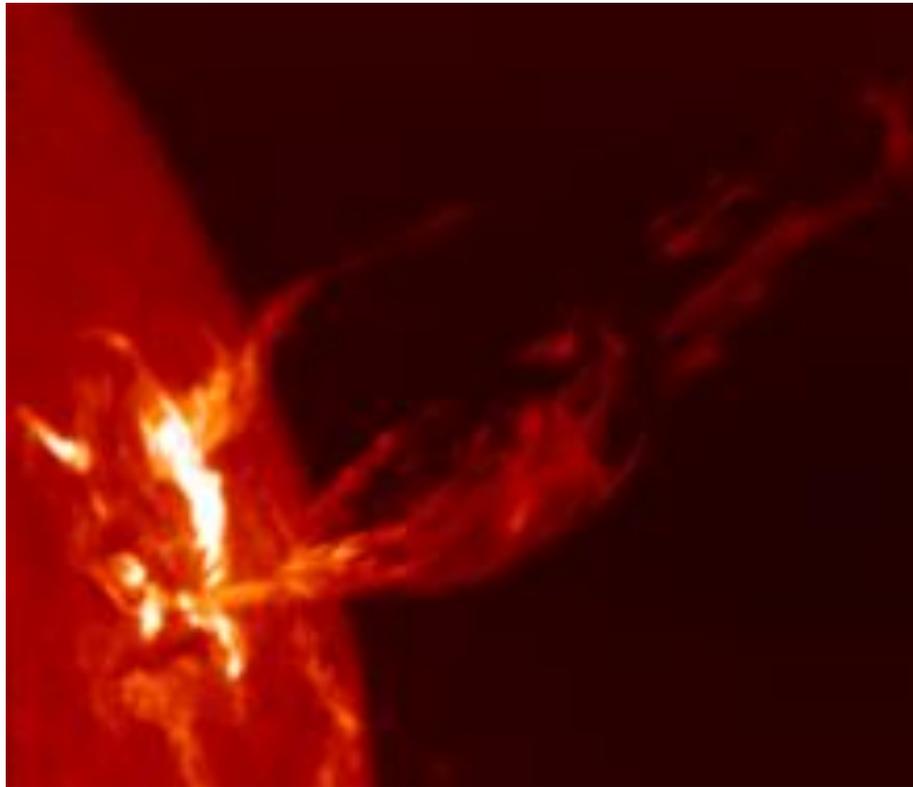
Les particules solaires sont contraintes de se diriger le long de la magnétosphère, la rencontre de ces particules énergétiques (protons, électrons...) provenant du **vent solaire** avec les molécules de la haute atmosphère terrestre est à l'origine des **aurores polaires**.

En effet, au niveau des pôles, le champ magnétique forme une sorte « d'entonnoir », qui permet au plasma solaire de pénétrer dans la haute atmosphère terrestre et l'accélération de ses particules.

Cette accélération est à l'origine de l'énergie nécessaire à la collision avec les molécules d'oxygène et d'azote, qui dégageront par la suite de la lumière.

***Ainsi, la zone majeure de formation des aurores se situe au niveau des pôles dans l'atmosphère, entre 90 et 150 kilomètres d'altitude, on retrouve cependant des aurores dans la haute atmosphère, jusqu'à 1000 kilomètres.***

Remarque : En février 2013, une équipe de l'université du Colorado annonce la découverte d'une **troisième ceinture** de radiations non permanente en se fondant sur des observations des sondes jumelles *Van Allen Probes* lancées par la NASA en septembre 2012.



### **Une éjection de masse coronale peut entraîner une modification des ceintures de Van Allen.**

Une troisième ceinture de radiations peut se former, puis disparaître en un intervalle de temps de quelques semaines. Cette nouvelle ceinture se situe généralement entre la ceinture interne et la ceinture externe, secouant fortement la ceinture externe et la séparant en deux parties.

Cette découverte est liée à une éjection de masse coronale (EMC) ce sont des particules énergétiques provenant du Soleil lors de tempêtes solaires.

La taille d'une EMC peut atteindre plusieurs dizaines de rayons solaires et persister pendant plusieurs semaines avant d'être disloqué par une autre onde de choc d'EMC.

***Des ceintures de radiations similaires aux ceintures de Van Allen ont été détectées autour d'autres planètes du Système solaire telles que les géantes gazeuses Jupiter et Saturne, les géantes de glaces Uranus et Neptune ainsi que, plus près de nous, la planète tellurique Mercure.***

## **4- Les vents solaires – les tempêtes solaires**

Le **vent solaire** est un flux de plasma constitué essentiellement d'ions et d'électrons qui sont éjectés de la haute atmosphère du Soleil. Ce flux varie en vitesse et en température au cours du temps en fonction de l'activité solaire.

Pour les étoiles autres que le Soleil, on parle généralement de vent stellaire. Une sonde (mission Genesis) a tenté de recueillir des poussières issues du vent solaire, mais la récupération des échantillons s'est avérée délicate à la suite de l'écrasement sur la Terre de la capsule les contenant.

Dans le système solaire, la composition du plasma solaire est identique à celle de la couronne solaire : 73 % d'hydrogène et 25 % d'hélium.

Le Soleil perd environ un million de tonnes de matière par seconde ( $1 \times 10^9$  kg), sous forme de vent solaire. Dans la couronne solaire (dont la température atteint 1 million de kelvins) les atomes d'hydrogène sont ionisés, ce qui leur confère une charge électrique.

Ce plasma chaud est ensuite expulsé à une vitesse qui varie entre 300 et 800 km/s (1 080 000 et 2 880 000 km/h), la moyenne étant de 450 km/s (1 620 000 km/h). Les écoulements de vent solaire sont dits rapides dans les trous coronaux, généralement situés au niveau des pôles où les lignes de champ magnétique sont ouvertes. A contrario, les écoulements de vent solaire sont dits lents au niveau du plan équatorial.



Les éruptions solaires de grande ampleur (rafales de vent solaire particulièrement énergétiques, éjections de masse coronale et autres phénomènes), sont appelées **tempêtes solaires**.

Pendant une tempête solaire, le nombre de particules atteignant l'atmosphère terrestre est de 10 000 (à comparer à 10 particules en l'absence d'éruption). Celles-ci peuvent soumettre les sondes spatiales et les satellites à de grandes doses de radiations ce qui va perturber fortement la transmission des signaux électromagnétiques comme ceux de la radio et de la télévision.

Elles peuvent générer sur Terre des courants continus sur les lignes à haute tension de grandes longueurs, ce qui provoque des surchauffes dans les transformateurs des postes électriques.

Autre exemple, en 1989 au Canada, environ six millions de personnes desservies par Hydro-Québec se sont retrouvées sans électricité à cause d'un orage magnétique. Elles peuvent également provoquer des courants induits dans les pipelines ce qui accélère leur corrosion.

## 5- Les aurores polaires (boréales et australes)

Les **aurores polaires**, ces lueurs mouvantes de diverses couleurs observées dans le ciel en regardant dans la direction du nord ou du sud offrent un des plus beaux spectacles de la nature.

Lors d'éruptions solaires, un vent se crée, on l'appelle alors "vent solaire". Celui-ci contient des particules qui, lors de leur rencontre avec le champ magnétique de la Terre, suivent les lignes qui le constitue. Les particules s'accablent dans les ceintures de Van Allen. Ces particules percutent plus facilement les molécules de l'atmosphère au niveau des pôles (confère ci-dessus).

L'aurore polaire est un phénomène naturel dont la fréquence d'apparition est plus importante environ tous les 11 ans (en fonction de l'activité du soleil). Elle dépend également du champ magnétique de la Terre.

Pendant d'importants vents solaires, des électrons et des protons sont projetés vers la Terre, qui est protégée de ces particules par sa magnétosphère. Certaines particules du vent solaire sont capturées par le champ magnétique terrestre, elles accumulent de l'énergie pendant leur trajet vers la Terre. Elles excitent ensuite les atomes d'oxygène et d'azote présent dans l'atmosphère terrestre en les percutant, ceux-ci renvoient alors cette énergie sous forme de photons afin de retrouver leur état fondamental.



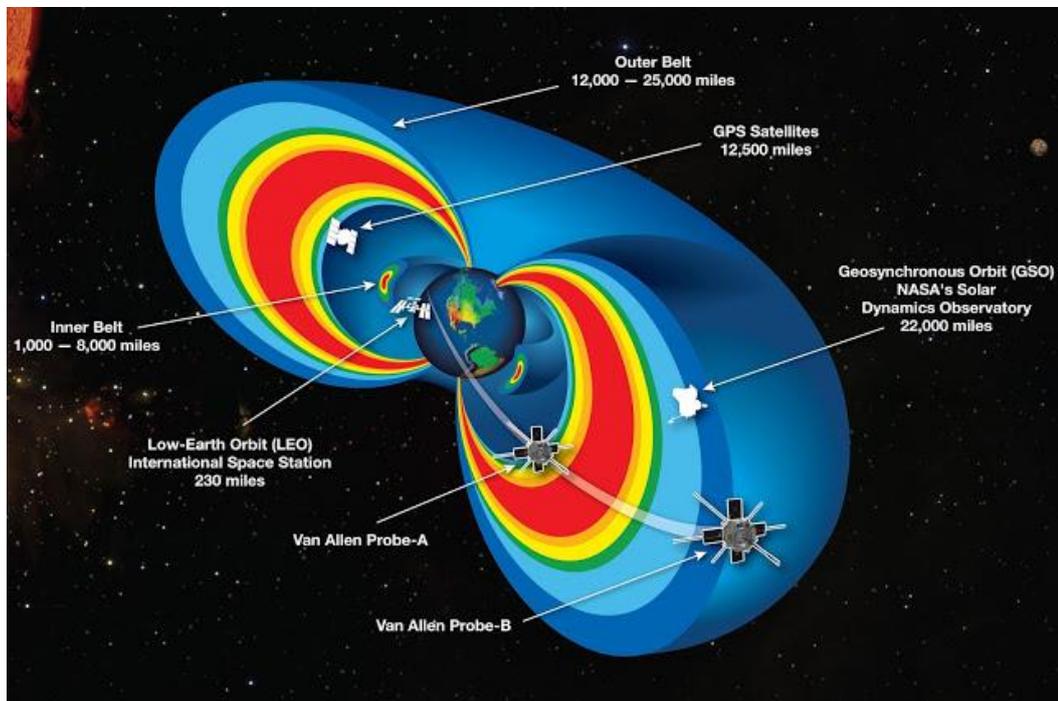
Aurore boréale aux environs de Reykiavik



Aurore australe Nouvelle zelande

## 6- Les sondes jumelles Van Allen de la NASA

La NASA a lancé les satellites Van Allen en septembre 2012 afin de mesurer et caractériser les régions subissant les rayonnements issus du soleil (vents solaires).



Notons que les ceintures de Van Allen constituent la première grande découverte faite par les satellites artificiels.

Sans les ceintures de Van Allen, la vie ne serait pas possible sur notre planète, à l'image des conditions régnant sur Mars, devenue une planète stérile en raison de la disparition de son champ magnétique. Cependant, elles sont très dangereuses pour les voyages habités dans l'espace en raison de leur fort taux de radioactivité.

Encore aujourd'hui, les scientifiques sont toujours incapables de **VOIR en temps réel** le champ électromagnétique **mouvant**.

### **La mission RBSP a étudié les ceintures de Van Allen**

Afin de mieux les comprendre, la Nasa a décidé de les étudier au plus près. Pour cela, elle a mis sur pied la mission **Radiation Belt Storm Probes (RBSP)**, qui devait durer 2 ans.

Les deux satellites construits à l'identique ont embarqués les cinq mêmes instruments, ils ont été conçus pour voler et fonctionner au cœur de ces régions (ceintures de Van Allen) les plus dangereuses de l'espace proche de la Terre (leur électronique de bord est protégée par un bouclier de 9 millimètres) sur des orbites très elliptiques et ont étudiés la plupart des phénomènes solaires qui influent sur la Terre.



**Les deux satellites identiques de la mission RBSP. Sur l'image de droite, ils sont en cours d'intégration dans la coiffe du lanceur. © Nasa**

**Ce sont des satellites météorologiques hors du commun qui ont été mis en orbite par la Nasa.** Les deux sondes de la mission **RBSP** ont été jetées dans un bouillon de particules chargées électriquement et accélérées à des vitesses qui frôlent parfois celle de la lumière...

Ces deux satellites ont étudié le comportement des ceintures et leur réaction face aux modifications de l'activité du Soleil. L'un des objectifs fondamentaux de la mission RBSP était d'utiliser la magnétosphère de la Terre comme un laboratoire naturel pour comprendre comment le rayonnement est généralement créé et évolue dans l'espace. Les scientifiques ont ainsi pu faire un pas de plus vers de meilleures prévisions météorologiques spatiales.

Les deux satellites étaient placés sur une orbite terrestre haute elliptique avec un périégée de 600 km et un apogée de 30 600 km et une inclinaison de 10 degré.

Cette orbite leur a permis de traverser les ceintures de radiation qui entourent la Terre et d'effectuer des observations in situ. La mission primaire avait une durée prévue de deux ans car l'électronique est soumise à un fort flux de rayonnement durant la traversée des ceintures de Van Allen.

Finalement les satellites ont survécu 7 ans et c'est l'épuisement des ergols utilisés pour contrôler leur trajectoire et leur orientation qui a mis fin à la mission qui s'est achevée le 18 octobre 2019. (Auparavant le périégée a été abaissé à 240 kilomètres de manière à garantir une rentrée atmosphérique dans moins de 15 ans pour ne pas encombrer l'orbite terrestre basse avec des débris spatiaux.)



**Installation, l'une sur l'autre, des deux sondes de la mission RBSP pour être intégrées dans le lanceur. © Nasa**



## Les résultats

Dès les premiers jours de la mission, les satellites ont permis de découvrir une troisième ceinture de radiations s'ajoutant en période d'activité solaire intense aux deux ceintures de Van Allen déjà connues. Selon le responsable scientifique de la mission RSBP, la mission a permis de réviser complètement la physique des ceintures de radiations en mettant en évidence des caractéristiques qui étaient jusque-là invisibles et en découvrant de nombreux mécanismes physiques déclencheurs de ralentissement et d'accélération des rayonnements.

**Cependant**, les interactions entre les vents solaires et les ceintures de Van Allen sont toujours mal connues.

Très dynamiques, les ceintures subissent d'importantes variations de forme dont les mécanismes demeurent inexpliqués. Ainsi, après une tempête solaire, le nombre de protons et d'électrons peut augmenter considérablement et ces particules atteignent presque la vitesse de la lumière. Mais, dans les mêmes conditions, l'inverse peut se produire : le nombre de particules chute, pourquoi ? C'est l'un des **mystères** que les chercheurs avec la mission RBSP (Radiation Belt Probes Mission) n'ont pu élucider.

Les deux satellites de la mission *Van Allen Probes* ont cependant permis aux géophysiciens de découvrir qu'il existait une **barrière naturelle empêchant les électrons à hautes énergies de la ceinture externe de Van Allen de rejoindre la Terre**. Il existe donc une région autour de notre planète où des satellites pourraient être parqués sur des orbites moins risquées.

En effet, le bord intérieur de la ceinture externe de Van Allen se comporte comme une barrière extrêmement efficace empêchant ces électrons à hautes énergies de s'approcher à moins de 11.000 km de la surface de la Terre. Selon l'un des auteurs de cette découverte, le géophysicien John Foster : « *c'est un phénomène particulièrement marqué, très rare et inhabituel. Cela nous apprend que si vous placez en orbite derrière cette barrière impénétrable un satellite ou même une station spatiale habitable, ils auront une durée de vie bien plus longue. C'est une bonne chose à savoir* ».



**Une vue d'artiste de la barrière impénétrable située sur le bord interne de la ceinture externe de radiations de Van Allen. Elle bloque les électrons ultrarelativistes qui se déplacent à une fraction notable de la vitesse de la lumière et les empêche de s'approcher à moins de 11.000 km de la Terre. © Regents of the University of Colorado**

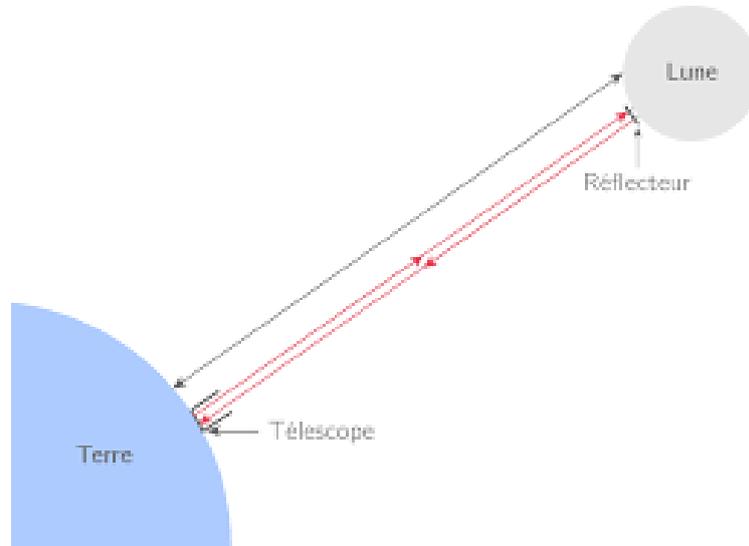
***Les chercheurs sont restés perplexes devant cette barrière. Mais ils pensent pouvoir l'expliquer.***

## **7- Les ceintures de Van Allen et la conquête spatiale**

### ⇒ **La distance terre lune**

Sachant que la lumière se déplace dans le vide à 300 000 km/s, on peut mesurer la distance terre-lune par émission de faisceaux laser dans la direction de la lune et en mesurant la durée de l'aller-retour, on en déduit à 2 cm près la **distance** moyenne **Terre-Lune**, soit 384 403 km.





⇒ **Les vaisseaux spatiaux dans les ceintures de Van Allen**

L'intensité maximum du flux d'électrons émis par le soleil se situe dans le plan équatorial, à une distance de 15 000 à 20 000 km.

Grâce à leur vitesse, le passage des véhicules spatiaux habités dans les ceintures de van Allen est heureusement court, la dose reçue est d'environ 0,1 Gy/h (10 rad/h).

Pour comprendre la signification de ces chiffres, il suffit de savoir qu'un astronaute se trouvant dans les parties les plus intenses des ceintures, **sans aucune protection ni trajectoire adéquate**, recevrait une dose létale en très peu de temps.

Prenons l'exemple des équipages d'Apollo, seuls êtres humains à s'être rendu en orbite lunaire (et accessoirement à sa surface pour certains d'entre eux).

Des missions qui exigeaient de passer par les ceintures de Van Allen... Comment ont-ils survécu ?

Ces ceintures s'étendent sur environ 40 degrés de latitude terrestre, 20 degrés au-dessus et en-dessous de l'équateur magnétique.



Toute l'astuce consiste dans le fait que les trajectoires Trans-lunaires d'Apollo se déroulent dans un environnement forcément tridimensionnel.

Une réalité occultée par les communiqués de presse de l'époque qui, par souci de simplification, ne montrent qu'une version en deux dimensions ("plate") du plan de vol. Chaque mission vole ainsi selon une trajectoire légèrement différente afin de lui permettre d'atteindre son site d'atterrissage, mais l'inclinaison orbitale du trajet amenant vers la Lune est toujours dans les environs des 30 degrés.

Dit autrement, le plan géométrique contenant la trajectoire trans-lunaire est incliné d'environ 30 degrés par rapport à l'équateur terrestre. Un vaisseau suivant cette trajectoire évite alors pratiquement toutes les ceintures de Van Allen, à part ses bords !

Pour traverser la ceinture intérieure, le vaisseau Apollo met environ un quart d'heure (la vitesse de libération étant de 11,2 km/s soit 40.320 km/h). D'après des calculs théoriques et les informations de l'époque, un blindage en alliage d'aluminium de 1 gr/cm<sup>2</sup> suffit à absorber complètement les électrons (le CM est généralement cité comme ayant un indice de blindage de 7 à 8 g / cm<sup>2</sup>). Bien que le temps nécessaire pour traverser la seconde ceinture est évalué à environ 2 heures, la dose globale reçue par l'équipage ne s'en trouva que très peu augmentée.

Par ailleurs, les ions des ceintures engendrent des dégâts sur les satellites et, pour cette raison, les pièces fragiles doivent être protégées par un blindage adéquat.

L'exposition, même d'une courte durée, aux parties les plus intenses de la ceinture étant fatale, les astronautes lors de leur sortie doivent impérativement avoir comme protection un blindage adapté.



Un système complet de radioprotection a été mis en application pour Apollo, en raison de ces études. C'est d'abord une protection physique, constituée, d'une part par le scaphandre et de l'autre le revêtement de la cabine...



La géométrie du vaisseau ainsi que la majorité des matériaux utilisés ont été étudiés lors de sa fabrication afin de réduire les doses d'irradiations. De plus, une répartition judicieuse de l'équipement, de l'appareillage et des réserves de bord ont d'ailleurs permis de renforcer cette défense.

Bien entendu, il n'est toutefois pas possible d'obtenir une protection uniforme, en raison de la structure même de la cabine et du fait que ses différentes parties non homogènes. A titre d'illustration de ce manque d'homogénéité dans la protection, on citera les premières vingt-quatre heures du vol Apollo 8 durant lesquelles Borman et Anders absorbèrent des doses très différentes, les mesures respectives donnant 0,0004 et 0,002 gray (le gray mesure l'énergie apportée par les rayonnements et 1 gray est égal à 1 joule par kg).

Ce faisant, les astronautes se dirigeant vers notre satellite naturel reçurent une dose globale de 25 à 35 millisieverts (unité utilisée pour quantifier les effets biologiques des rayonnements et dérivée du gray), qu'ils purent supporter sans danger.

Il faut savoir que le système manuel de contrôle d'attitude (RCS) permet aux astronautes de réorienter le vaisseau spatial, en interposant le module de service lourdement protégé (réservoirs de propergols, d'oxygène et d'hydrogène) entre eux et les rayonnements pénétrant des particules (rayonnement X, émission solaire, et

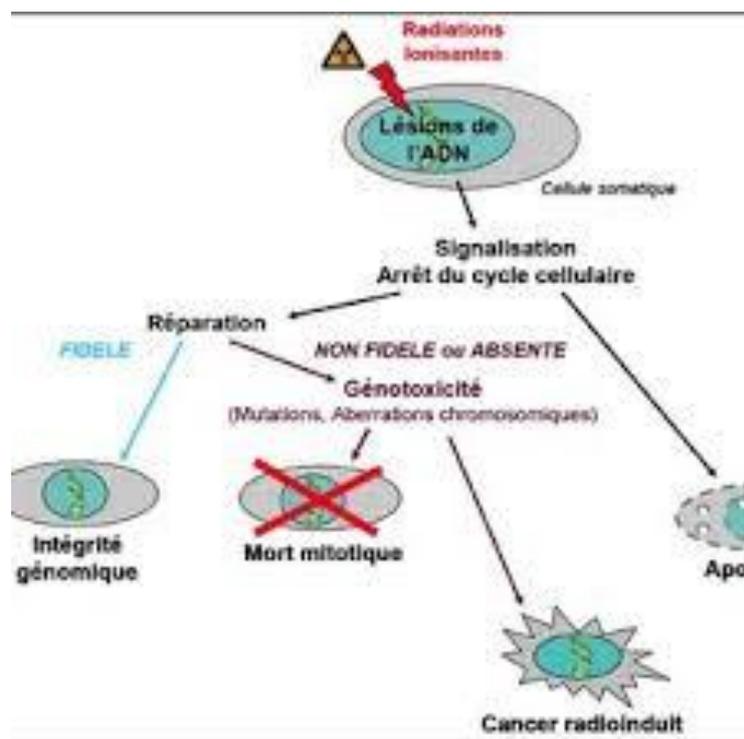
rayonnement ultra-violet, éruptions chromosphériques, champ magnétique et perturbations ionosphériques...).

De plus, un réseau (SPAN, Solar Particle Alert Network) de surveillance et d'avertissement (7 stations d'observations) est installé sur Terre et est prêt à alerter les astronautes des événements solaires imminents (ce qui ne s'est jamais produits).

A noter que dans des cas graves, on peut avoir recours à des moyens de protection chimiques. Les spécialistes ont en effet mis au point des produits pharmacologiques qui, comme l'on montré les expériences pratiquées sur des animaux, constituent une défense efficace contre les effets nocifs des radiations ionisantes.

### ⇒ Les organes hématopoïétiques

Ce sont des organes permettant la création et le renouvellement des cellules sanguines, chez l'adulte cela correspond à la moelle osseuse et le tissu lymphoïde (thymus, ganglions, rate et autres formations lymphoïdes). Ces organes sont particulièrement sensibles aux rayonnements.



Il convient également de noter qu'en raison de la forme de l'engin spatial, le chemin que la plupart des particules doivent emprunter pour atteindre les astronautes les oblige à heurter la coque avec un angle incident adapté, ce qui augmente efficacement l'épaisseur du blindage

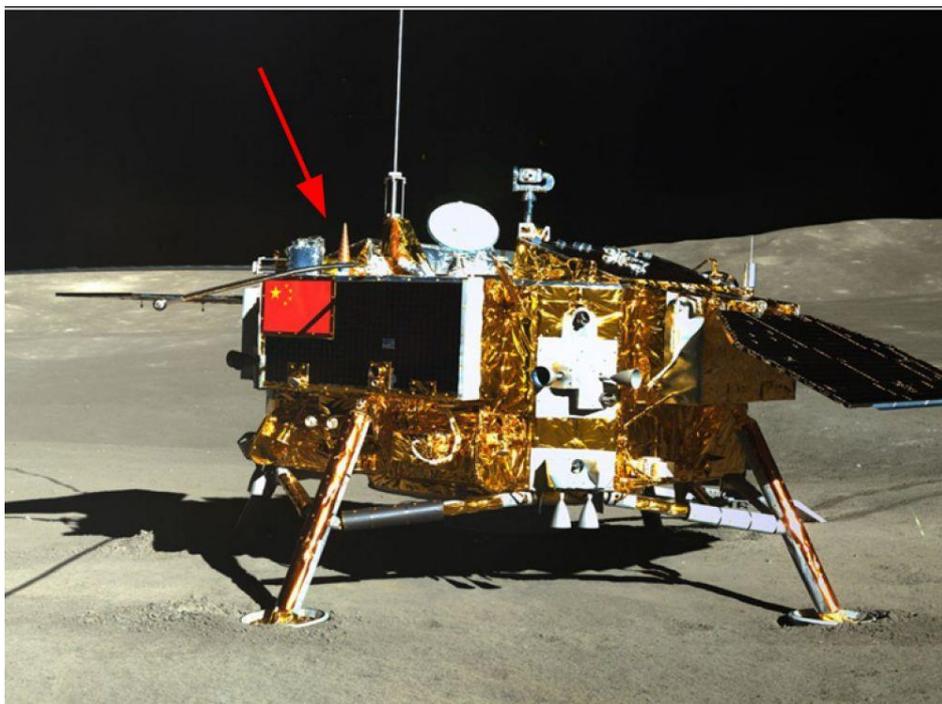
⇒ **La lune et les rayonnements cosmiques**

La surface de la Lune est continuellement exposée au flux des rayonnements cosmiques intergalactiques. Ce flux de radiations est considérablement accru pendant le jour, lorsque le Soleil se trouve au-dessus de l'horizon.

L'intensité de ces rayonnements est variable, mais peut atteindre des valeurs critiques au cours des périodes d'intense activité solaire, qui ont lieu tous les sept à dix ans. Par ailleurs, des bouffées de rayonnement inopinées se produisent généralement plusieurs fois par an.



La sonde chinoise qui a atterri en 2019 a permis de répondre à une question laissée de côté par les missions Apollo : le niveau exact de rayonnements sur la Lune, une donnée essentielle alors que la Nasa veut y envoyer cette décennie des astronautes pendant des périodes prolongées (vue d'artiste ci-dessus).



La réglementation impose en France à un travailleur exposé aux radiations de ne pas dépasser 20 mSv par an. Selon des chercheurs Chinois et Allemands, les radiations sur la Lune que recevrait un astronaute au travers de sa combinaison s'élèveraient à 500 mSv par an.

"Le rayonnement sur la Lune est entre deux et trois plus fort que sur l'ISS", dit à l'AFP Robert Wimmer-Schweingruber, astrophysicien à l'université de Kiel. "Cela limite la durée de séjour sur la Lune à environ deux mois", dit-il de façon conservatrice, en précisant que cela prenait en compte la semaine de voyage entre la Terre et la Lune et le retour.

Au cours de tels événements, les astronautes doivent s'abriter dans des modules (véhicules tous terrains, base vie) pour se protéger. Des appareils de détection permettent de les prévenir environ une heure avant que l'« orage » ne s'abatte sur la surface lunaire...



Vue d'artiste des futures missions lunaires du programme Artemis de la Nasa.

## **8- Notre voute céleste protégée => les croyances religieuses**

Il y a très peu de gens qui pensent à la fonction protectrice de l'atmosphère. Des millions de météorites pleuvent continuellement sur la lune, y creusant des cratères de plusieurs kilomètres de diamètre et de profondeur.

Si cette protection atmosphérique n'existait pas sur terre, elle serait inhabitable à cause des millions de météorites qui tomberaient sur elle.

L'atmosphère entourant la Terre joue un rôle fondamental dans la préservation de la vie : tout en détruisant de nombreuses météores, grandes et petites, lorsqu'elles s'approchent de la Terre, elle les empêche d'y tomber, et de nuire à de nombreux êtres vivants.

De plus, l'atmosphère filtre les rayons lumineux provenant de l'Espace qui sont nuisibles pour les êtres vivants. Ce qui est le plus frappant dans cette fonction de l'atmosphère, est qu'elle ne laisse passer que les rayons inoffensifs et utiles : la lumière visible, l'ultraviolet proche et les ondes radio. Tout ce rayonnement est essentiel pour la vie.

Les rayons ultraviolets proches, que l'atmosphère ne laisse passer qu'en partie, sont très importants pour la photosynthèse des plantes et pour la survie de tous les êtres vivants. La majeure partie des rayons ultraviolets intenses émis par le Soleil sont filtrés par la couche d'ozone de l'atmosphère, et seule une partie restreinte - et essentielle - du spectre ultraviolet parvient jusqu'à la Terre.

La fonction protectrice de l'atmosphère ne s'arrête pas là. Elle protège aussi la Terre du froid glacial de l'Espace, dont la température est d'environ  $-270^{\circ}\text{C}$ .

Outre l'atmosphère, la ceinture de Van Allen sert également de bouclier contre le rayonnement nuisible qui menace notre planète. Ce rayonnement, qui est constamment émis par le Soleil et les autres étoiles, est mortel pour les êtres vivants. Si la ceinture de Van Allen n'existait pas, les énormes éruptions d'énergie, appelées "éruptions solaires", que connaît fréquemment le Soleil détruiraient toute vie sur Terre.

La seule autre planète, en dehors de la terre, qui possède un champ magnétique et qui est formée de zones rocheuses est Mercure. Mais l'intensité de ce champ magnétique est 100 fois moins importante que celle de la Terre. La couche protectrice de radiation de Van Allen est particulière à la Terre.

L'énergie transmise lors d'une seule éruption solaire équivaldrait, selon les estimations des savants, à 100 milliards de bombes atomiques, dont une seule est comparable à la bombe d'Hiroshima à la fin de la seconde guerre mondiale. On a noté que les aiguilles magnétiques des boussoles, cinquante-huit heures après une éruption, effectuaient des mouvements inhabituels et à 250 km au-dessus de l'atmosphère terrestre, la température s'est brusquement élevée à  $2.500^{\circ}\text{C}$ .

## A savoir:

1. **L'électronvolt** (symbole : eV) est une unité de mesure d'énergie. Sa valeur est définie comme étant l'énergie cinétique d'un électron accéléré depuis le repos par une différence de potentiel d'un volt. Ses multiples sont : 1 000 eV = 1 keV ; 1000 keV = 1 MeV.

Un électron-volt correspond à  $1,60 \times 10^{-19}$  joules.

2. **Le rad** (symbole : rd) est une ancienne unité d'énergie massique ou de dose de radiation absorbée.

1 rad =  $10^{-2}$  Gy.

3. **Le gray** (symbole : Gy) est l'unité dérivée d'énergie massique ou de dose de radiation absorbée du Système international (SI). Un Gray est la dose d'énergie absorbée par un milieu homogène d'une masse de 1 kg lorsqu'il est exposé à un rayonnement ionisant apportant une énergie de 1 joule, 1 Gy = 1 J/kg. Le gray est cent fois plus grand que l'ancienne unité, le rad, qu'il a remplacé en 1986.