



L'environnement radiatif atmosphérique et les différents modèles

Hugo Cintas – CNES/TRAD/UM-IES



Qui je suis ?

Doctorant CNES/TRAD/UM-IES

- Thèse 2020-2023
- Mesure et modélisation de l'environnement radiatif atmosphérique.
- Thèse localisée à Toulouse au sein du CNES et de TRAD

Création d'un modèle par le CNES pour prédire l'environnement radiatif atmosphérique et venir compléter OMERE.

Résumé

- **Historique de l'environnement radiatif atmosphérique**
- **Les sources de radiations**
- **Les gerbes atmosphériques**
- **Les modèles**



Historique de l'environnement radiatif atmosphérique

1896 Henri Becquerel – L'Atmosphère est ionisée.

1912 Victor Hess – L'ionisation augmente avec l'altitude, elle provient de l'espace. L'ionisation est produite par des particules électriquement neutre.

1930 Bruno Rossi – L'effet « Est – Ouest », les particules sont des protons et des ions.

1934 Bruno Rossi / 1937 Pierre Auger – Les particules primaires génèrent des gerbes atmosphériques composées majoritairement de photon et d'électron.

1935 Eric Regener & Georg Pfofzter – Il existe un maximum de particules entre 18 et 20 km, le « Maximum de Regener-Pfofzter ».

1993 Allen Taber & Eugene Norman – Les radiations de l'Atmosphère créés des problèmes dans l'électronique.

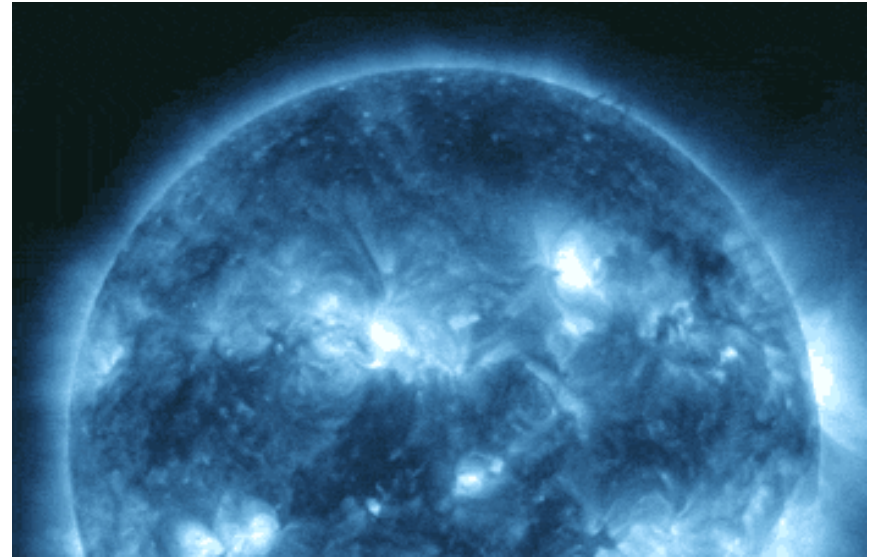
Les sources de radiations – Le Soleil

Soleil – protons :

- SPE – Solar Particle Event
- CME – Coronal Mass Ejection

Les supernovæ – ions :

- GCR – Galactic Cosmic Rays



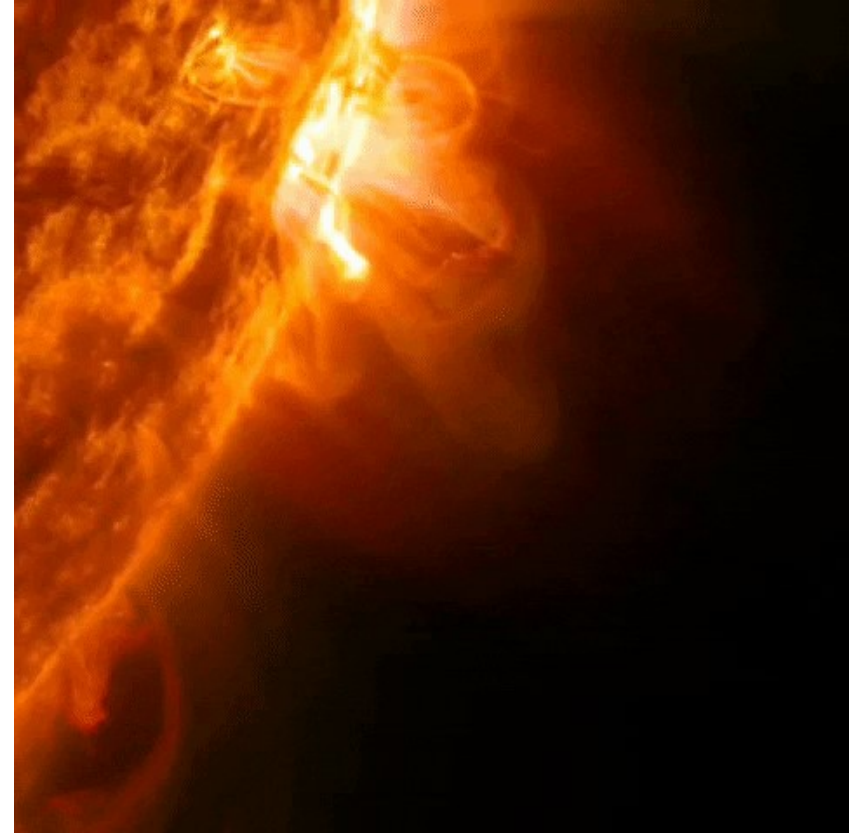
Les sources de radiations – Le Soleil

Soleil – protons :

- SPE – Solar Particle Event
- CME – Coronal Mass Ejection

Les supernovæ – ions :

- GCR – Galactic Cosmic Rays



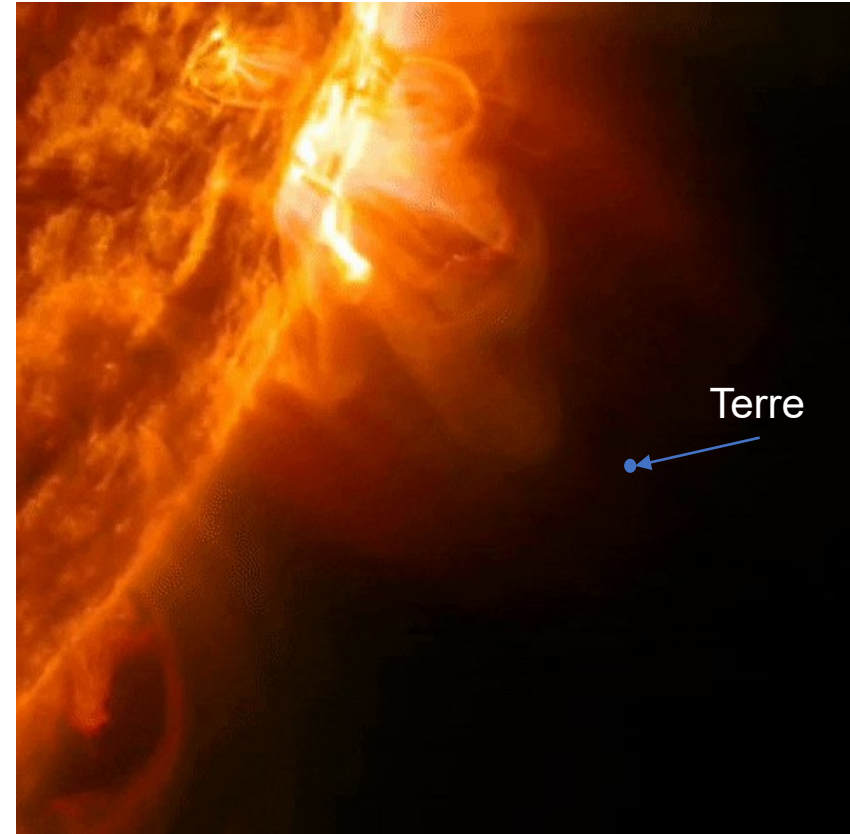
Les sources de radiations – Le Soleil

Soleil – protons :

- SPE – Solar Particle Event
- CME – Coronal Mass Ejection

Les supernovæ – ions :

- GCR – Galactic Cosmic Rays



Les sources de radiations – les supernovæ

Soleil – protons :

- SPE – Solar Particle Event
- CME – Coronal Mass Ejection

Les supernovæ – ions :

- GCR – Galactic Cosmic Rays



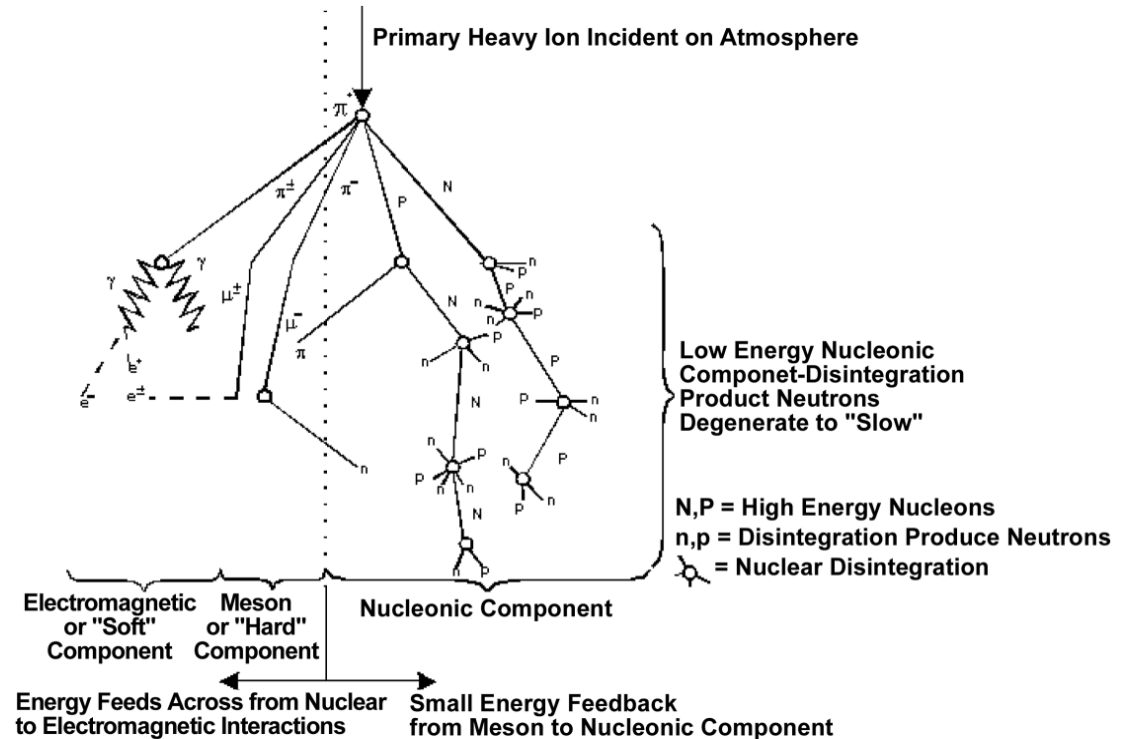
Les gerbes atmosphériques – Le phénomène physique

Les particules primaires :

- Protons
- Ions

Particules secondaires :

- Neutrons
- Protons
- Muons
- Electrons
- Photons



Les gerbes atmosphériques – L'altitude

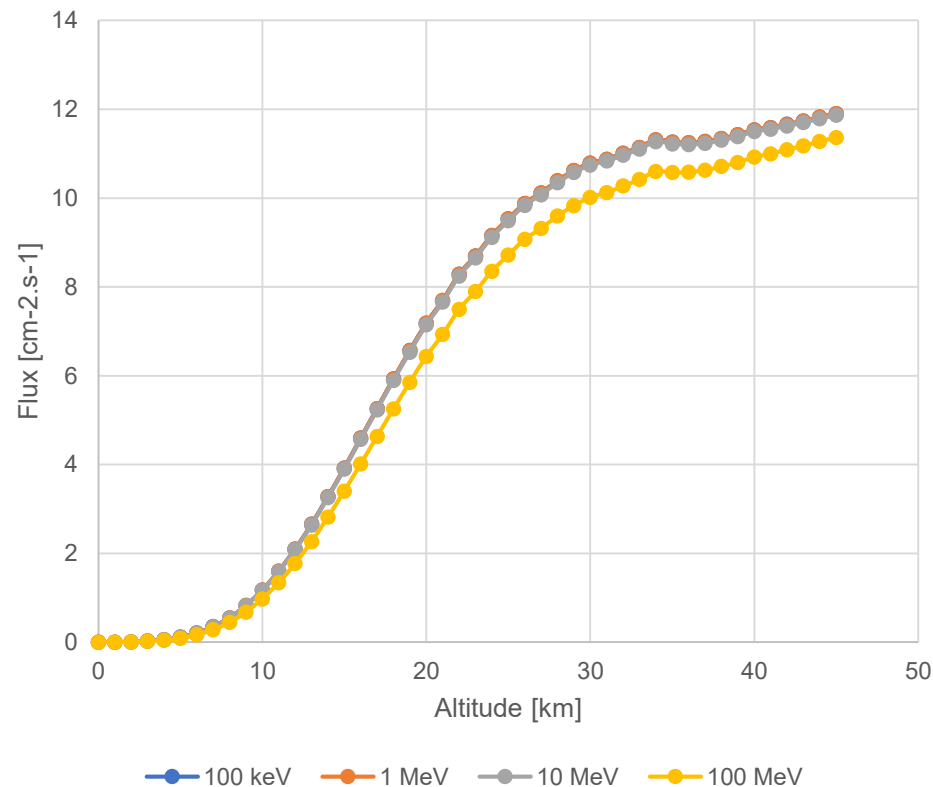
Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles

Flux de protons à Kiruna en fonction de l'Altitude et l'Energie



Les gerbes atmosphériques – L'altitude

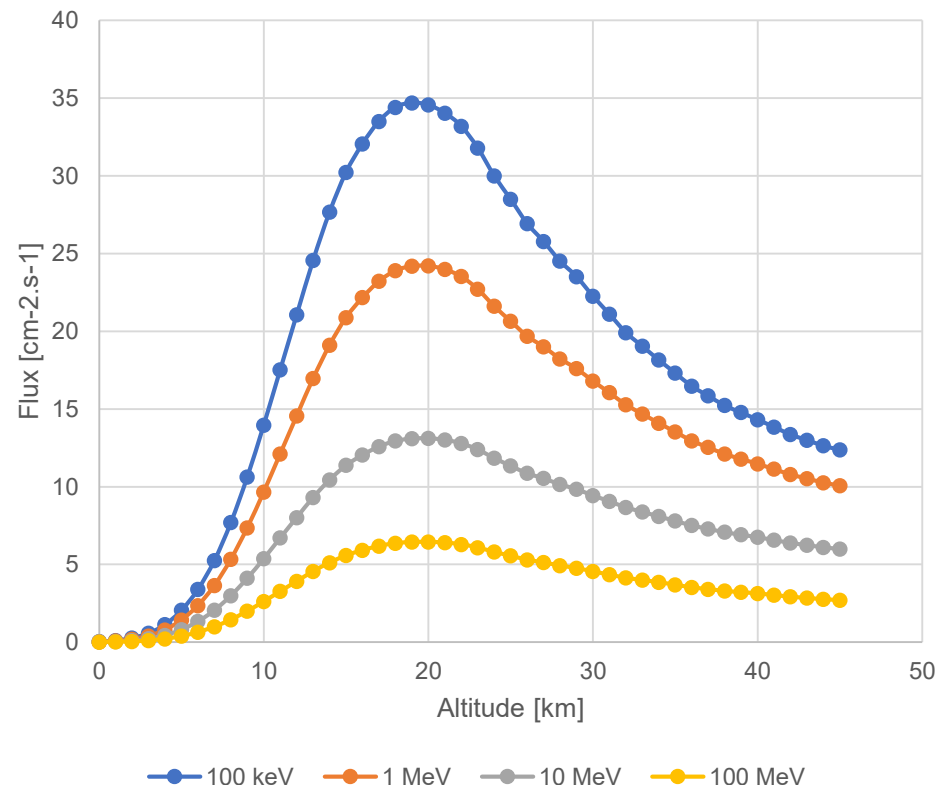
Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles

Flux de neutrons à Kiruna en fonction de l'Altitude et l'Energie



Les gerbes atmosphériques – L'altitude

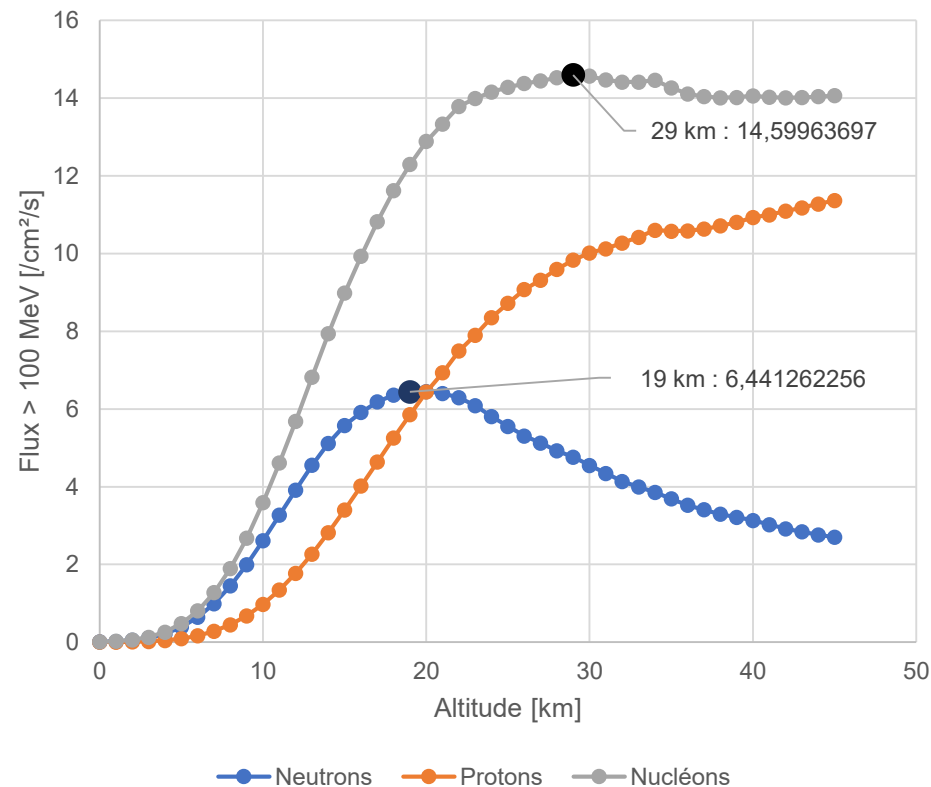
Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles

Flux de nucléons à Kiruna en fonction de l'Altitude et l'Energie



Les gerbes atmosphériques – Latitude

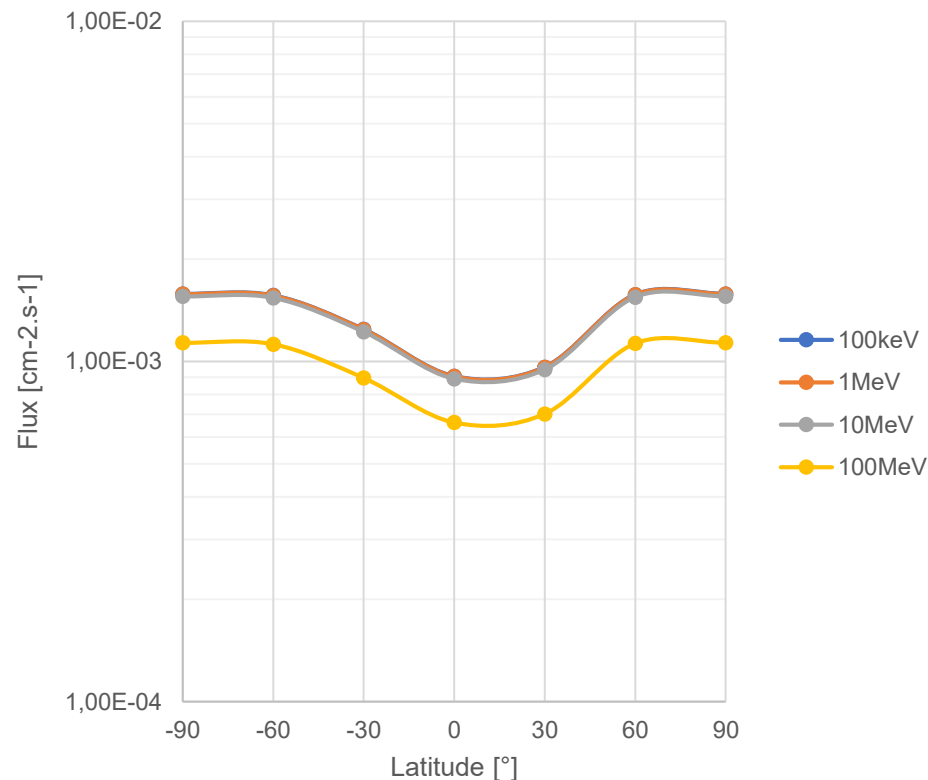
Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles

Flux de protons en fonction de la latitude à 0 km d'altitude



Les gerbes atmosphériques – Latitude

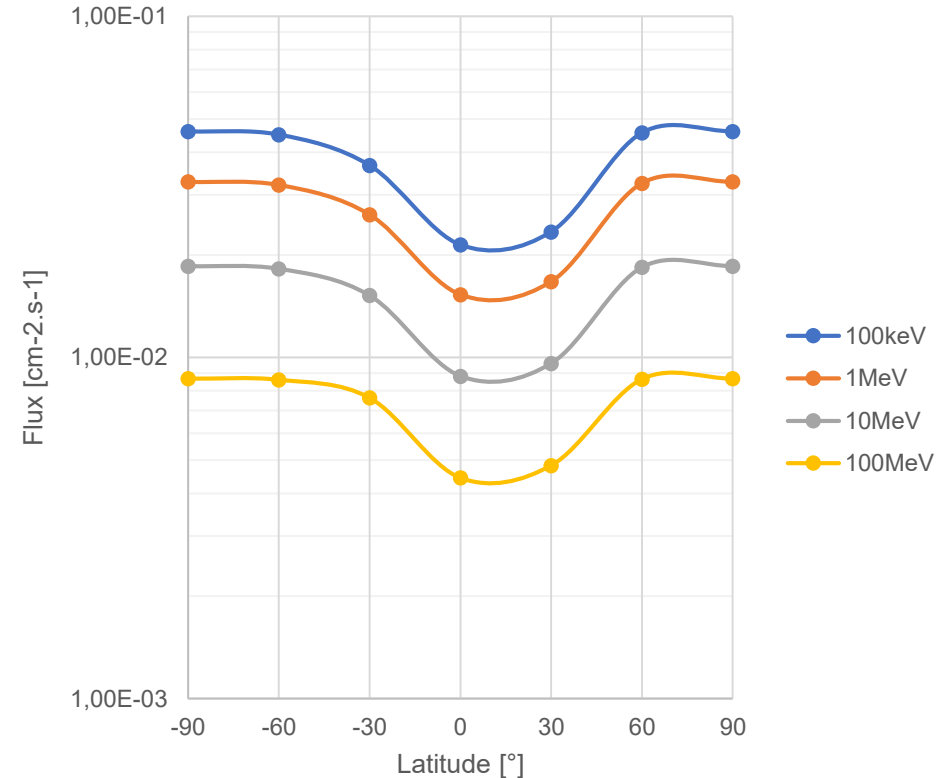
Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles

Flux de neutrons en fonction de la latitude à 0 km d'altitude



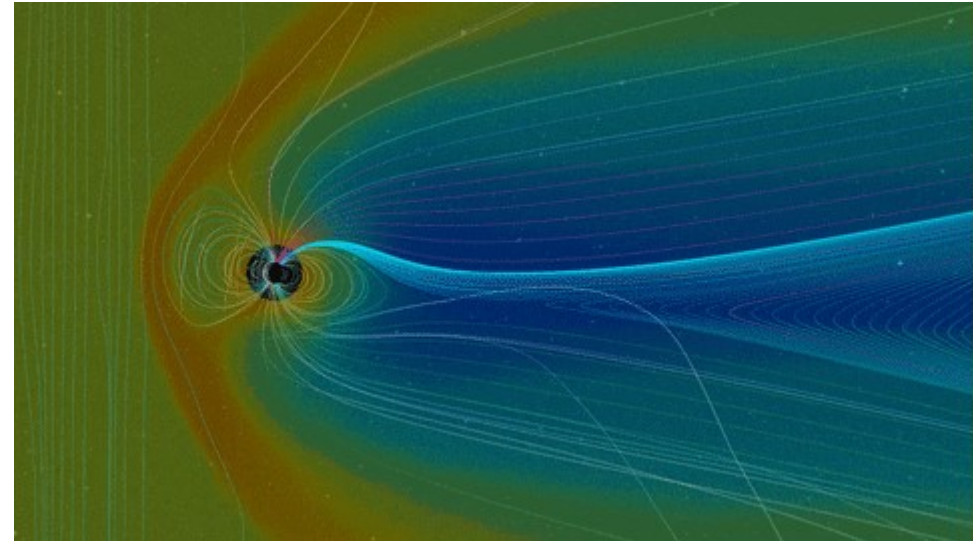
Les gerbes atmosphériques – Latitude

Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles



Les gerbes atmosphériques – Latitude

Evolution en fonction de l'altitude :

- Pas de maximum pour les protons
- Maximum de neutrons vers 20 km
- Maximum de « nucléons » vers 30 km

Evolution en fonction de la position :

- Peu d'impact dû à la longitude
- Maximum aux pôles

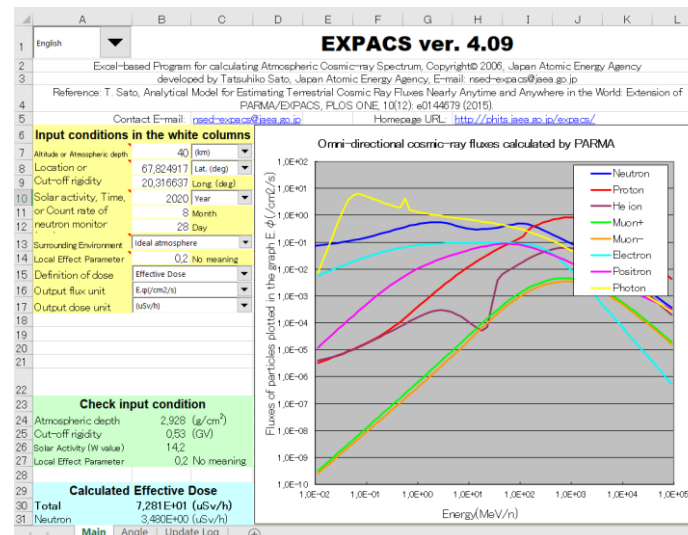


Les modèles – EXPACS & MAIRE

2 modèles exploitables

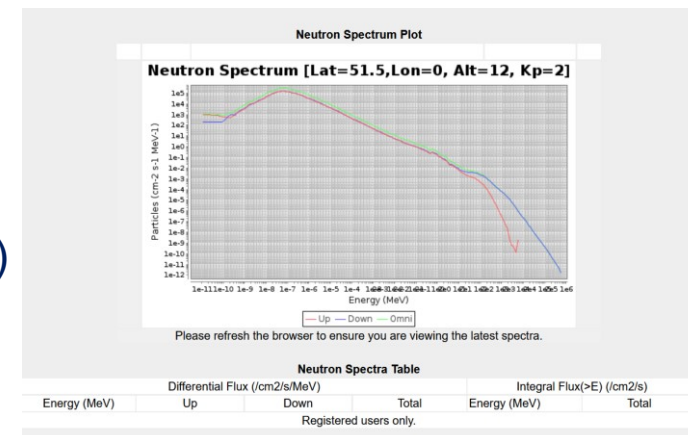
EXPACS – Une feuille de calcul excel :

- Développé par la JAEA
- Basé sur du Monte Carlo (PHITS)
- Mis à jour régulièrement



MAIRE – Un site web :

- Basé sur QARM (QINETIQ sur Financement ESA)
- QARM est basé sur du Monte Carlo (MCNPX)



Conclusion

L'environnement radiatif atmosphérique a été découvert au début du XX siècle.

Les protons solaires et les GCR interagissent avec l'Atmosphère via des gerbes atmosphériques.

Le flux de neutron est maximum vers 20 km. Le flux de protons est maximum à l'entrée de l'atmosphère.

Utiliser EXPACS pour les prédire en attendant le modèle du CNES.



Merci de votre attention !



Les gerbes atmosphériques – La direction

La direction dépend du type de particules :

- Tout est descendant en deçà de 20 km
- Particules chargées descendantes
- Particules neutres montantes

An atmospheric radiation model based on response matrices generated by detailed Monte Carlo Simulations of cosmic ray interactions – Lei, 2004

