



Rayonnement Ionisant

MAI 2022

# PREVENTION DE L'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS COSMIQUES POUR LE PERSONNEL NAVIGANT

Carole MORENO



# SOMMAIRE

## Introduction

1. Evaluation des risques
2. Principes de prévention (Principe ALARA, Intervention planning, Procédure locale)
3. Valeurs limites d'exposition
4. Présentation du plan de surveillance de la radioprotection
5. Evaluation de l'exposition aux rayonnements ionisants
6. Classement du personnel navigant
7. Informations radioprotection pour les navigants
8. Formations radioprotection des navigants
9. Surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs par une modélisation SIEVERT
10. Vols de mesure
11. Etude comparative « CDG/NRT »
12. Conclusion

# Introduction

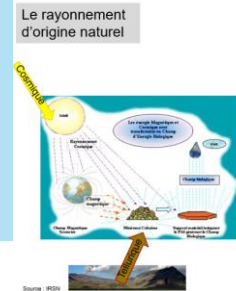
Protéger le travailleur, compte tenu des risques encourus, passe d'abord par l'évaluation des risques, en prenant en compte les caractéristiques de la source d'émission et les conditions d'exposition des personnes. Cela passe également par l'application de mesures de prévention.

La prévention des risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants est encadrée par un certain nombre de dispositions réglementaires, figurant dans le Code de la santé publique et le Code du travail. Ces dispositions, qui ont évolué depuis le 1er juillet 2018 dans le cadre de la transposition de la directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, adoptent une approche globale, en réintroduisant les neuf principes généraux de prévention comme préalable à la gestion des risques liés aux rayonnements ionisants en milieu de travail, sans pour autant renier les principes fondateurs de la radioprotection (justification, optimisation, limitation). Elles prévoient par ailleurs des valeurs limites d'exposition et un classement des travailleurs exposés.

**Air France applique les mesures relatives à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants (cosmiques pour les navigants) conformément au décret du 4 juin 2018 :**

1. Evaluation des risques
2. Principes de prévention (Principe ALARA, Intervention planning, Procédure locale)
3. Valeurs limites fixées
4. Surveillance de la Radioprotection
5. Evaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants => cosmiques pour les navigants
6. Classement du personnel navigant
7. Informations et formations des navigants
8. Surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs par une modélisation SIEVERT
9. Vols de mesure

# 1. Evaluation des risques



## ➤ Rappel sur le calcul de l'exposition aux Rayonnements Cosmiques

- L'exposition augmente avec l'altitude, car l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement cosmique. Elle dépend aussi de la route empruntée par l'avion (1)
- L'exposition varie avec la longitude et la latitude : en raison de la barrière constituée par le champ magnétique terrestre, les particules du rayonnement cosmique sont plus nombreuses aux latitudes élevées, proches des pôles, qu'à proximité de l'équateur. En fonction des latitudes de la route empruntée par l'avion, on sera donc plus ou moins exposé au rayonnement.
- L'exposition dépend de la durée de vol : pour un vol donné, la dose totale de rayonnement cosmique reçue est directement proportionnelle à la durée d'exposition, donc à la durée du vol.

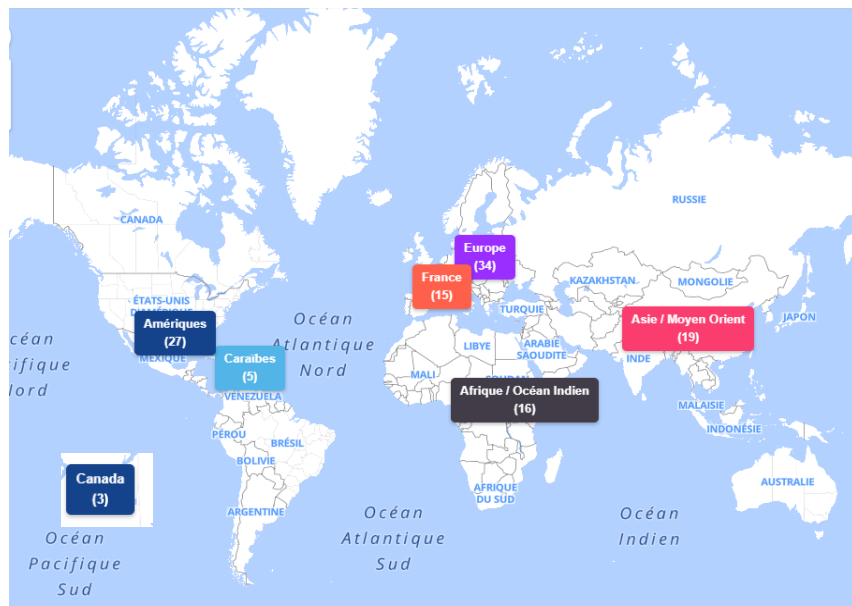
L'exposition aux rayonnements cosmiques va donc fluctuer selon les vols effectués par le personnel navigant.

(1) Au fur et à mesure que l'on gagne en altitude, la couche d'atmosphère protectrice se faisant plus mince, on est plus exposé au rayonnement cosmique. À l'altitude de croisière des avions de ligne, soit 10 000 à 12 000 mètres, le rayonnement cosmique est environ 100 à 300 fois plus intense qu'au niveau de la mer.

# 1. Evaluation des risques

## ➡ exemples de dose par ligne

Réseau Air France



Destinations à faible exposition

Destinations à Exposition moyenne

Destinations à Exposition plus importante

VILLE	Source IRSN 03/19 Dose moyenne issue de Sievert
ABIDJAN	Dose comprise entre 0,03 mSv et 0,075 mSv Aller/Retour
BEYROUTH	
LIBREVILLE	
RIYAD	
DUBAÏ	
CAYENNE	
MAURICE	
JOHANNESBOURG	
RIO	
SAO PAULO	
BUENOS AIRES	
SINGAPORE	
BOMBAI	
DELHI	
SANTIAGO	
PUNTA CANA	
SAINT MARTIN	
BOGOTA	
BOSTON	
MONTREAL	
MIAMI	
HONG KONG	
NEW YORK	
ATLANTA	Entre 0,124 mSv et 0,15 mSv Aller/Retour
WASHINGTON	
SHANGHAI	
MEXICO	
MINNEAPOLIS	
TOKYO	Entre 0,22 mSv et 0,23 mSv Aller/Retour
SEOUL	
TORONTO	
CHICAGO	
SAN FRANCISCO	
LOS ANGELES	

Pour Air France, il s'agit des profils de vol réalisés transmis par Air France qui sont pris en compte pour le calcul des doses PN. Les profils génériques ne sont utilisés que pour les calculs prévisionnels (Source : F.Trompier, Responsable du programme IRSN / AF)

# 1. Evaluation des risques

## ➔ Analyse de l'activité solaire

### ➤ Explication :

L'activité solaire suit un cycle de 11 ans

- En période de forte activité solaire, la quantité de neutrons d'origine cosmique diminue
- Nous sommes actuellement dans le 24<sup>ème</sup> cycle depuis 1750, en cours de décroissance d'activité solaire

**Les éruptions solaire diminuent en période de faible activité solaire**

- Ces éruptions peuvent apporter – rarement – un accroissement significatif de l'exposition aux rayonnements d'origine solaire

**L'activité solaire est inversement proportionnelle au rayonnement cosmique présent aux altitudes de croisière des avions de ligne**

**Le cycle actuel est en phase de croissance induisant donc une prévision de baisse du rayonnement cosmique**

Les périodes de forte activité solaire sont également associées à un risque plus élevé d'éruption solaire majeure

La corrélation altitude – latitude et intensité du rayonnement cosmique reste valide, en raison de la conformité de la magnétosphère terrestre, dont le dipôle magnétique concentre les particules faiblement énergétiques au niveau des pôles magnétiques.

**=> 30 avions de la Flotte Air France sont équipés d'appareils de mesure qui seront relevés immédiatement en cas d'éruption solaire. Ils seront remis à l'IRSN pour analyses et suivis de l'exposition des navigants**



## 2. Principes de prévention d'Air France

### ➤ L'application du Principe ALARA :

Article Code du travail R4451-5 : les principes de prévention

Modifié par Décret n°2010-437 du 4 juin 2018

Les expositions professionnelles individuelles et collectives aux rayonnements ionisants sont maintenues en deçà des limites prescrites par les dispositions du présent chapitre au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre.

L'optimisation des expositions afin qu'elles soient maintenues au niveau le plus faible (principe de précaution **ALARA** « As Low As Reasonably Achievable » aussi bas que raisonnablement possible) L'optimisation pour le personnel d'Air France classé en catégorie B, ne peut être appliquée que par un aménagement de planning. Air France dispose donc d'une procédure locale qui permet le déclenchement d'un aménagement de planning construit avec des destinations à exposition réduite. Cette procédure est connue des services de production et des salariés. Elle est déclenchée lorsque l'exposition sur 12 mois glissants a atteint le seuil de 5 mSv , une marge permettant de ne pas atteindre le seuil de classification de 6 mSv.

## 2. Principes de prévention d'Air France

⇒ Principe de précaution : création d'une procédure Air France « PROC.0049 »  
procédure d'alerte à 5mSv

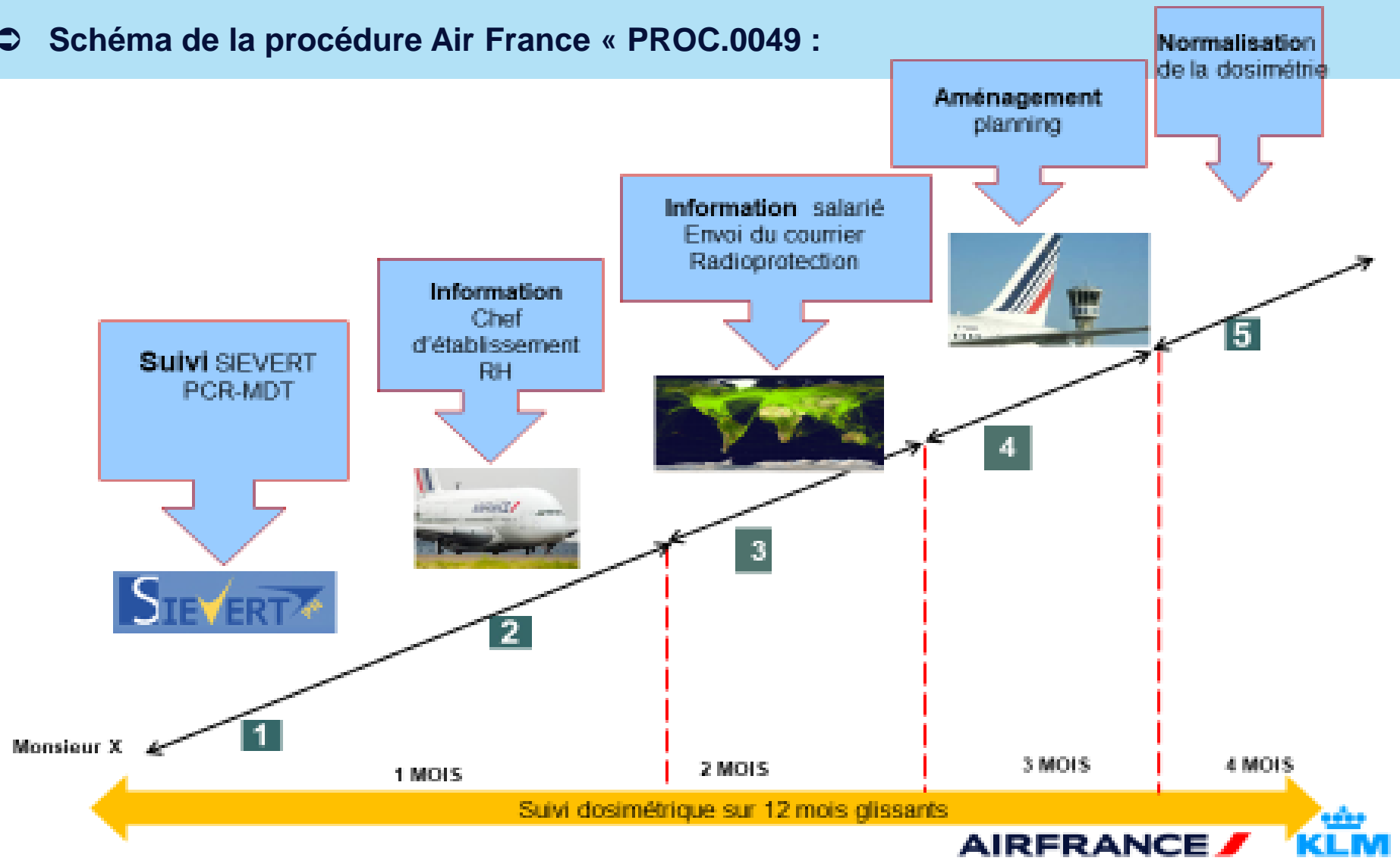
Depuis 2011, Air France déclenche la procédure d'alerte dès qu'un PN atteint les 5mSv sur 12 mois glissants car **le personnel navigant AF est classé en catégorie B.**  
Le seuil de classification des PN classés en catégorie B est fixé à 6 mSv sur 12 mois glissants et la valeur limite d'exposition est à 20 mSv.

- Application de la procédure locale « PROC.0049 => en cas de dépassement des 5 mSv sur 12 mois glissants »
  - ✓ Information de l'atteinte ou du dépassement du seuil transmise au Chef Pilote ou à la fonction RH PNC par la PCR via mail
  - ✓ Courrier individuel (1) envoyé au salarié ayant dépassé les 5 mSv sur 12 mois glissants en AR ou envoi d'un courrier individuel (2) au salarié ayant dépassé les 5, 5 mSv sur 12 mois glissants en AR
  - ✓ Rappel au salarié sur la réglementation : la dosimétrie du personnel navigant ne doit pas dépasser 6mSv sur 12 mois glissants (Art 4451-12 à 17)
  - ✓ Information d'aménagement de planning sur afin de réduire le taux d'exposition du salarié (Art 4451-7 et 4451-41) communiquée à l'élaboration planning
  - ✓ Rappel au salarié sur l'accès « Rayonnements Ionisants » via l'outil Intralignes
  - ✓ Rappel au salarié de la création de l'étagère Radioprotection
  - ✓ Rappel au salarié de l'utilisation Sievert PN



# 2. Principes de prévention d'Air France

➔ Schéma de la procédure Air France « PROC.0049 :



## 3. Valeurs limites d'exposition

### A. Gestion administrative en cas de dépassement des valeurs limites =>

**Valeur limite d'exposition : 1mSv et 20 mSv**

Article R4451-53

Modifié par Décret n°2019-437 du 4 juin 2018-- art.1

Lorsqu'en dépit des mesures de prévention mises en œuvre en application de la présente section, l'exposition d'un travailleur dépasse les valeurs limites d'exposition, l'employeur :

- 1 / Prend immédiatement des mesures pour réduire l'exposition à un niveau inférieur à ces valeurs limites,
- 2 / Détermine les causes du dépassement des valeurs limites d'exposition et adapte en conséquence les mesures de protection et de prévention en vue d'éviter tout nouveau dépassement,
- 3 / Informe le comité social et économique ainsi que l'agent de contrôle de l'inspection du travail mentionné à l'article L. 8112-1 en précisant les circonstances, les causes présumées et les mesures envisagées pour éviter le renouvellement de ce dépassement,

 En cas d'atteinte de la valeur limite, information remontée

- Au Chef d'établissement
- A l'autorité de tutelle (ASN)
- Par la Conseillère en radioprotection et la Médecine du Travail

**Depuis 2001, date de mise en place du suivi, aucun PNC n'a atteint la valeur limite des 20 mSv.**

# ➔ Rappel sur les valeurs limites d'exposition sur 12 mois glissants : 1mSv et 20 mSv

## Article R4451-80

Modifié par [Décret n°2018-437 du 4 juin 2018 - art. 1](#)

I.-Lorsque l'exposition d'un travailleur dépasse l'une des valeurs limites fixées aux articles [R. 4451-6](#), [R. 4451-7](#) et [R. 4451-8](#), l'employeur prend immédiatement des mesures pour :

- 1° Faire cesser cette exposition ;
- 2° Déterminer dans les plus brefs délais les causes du dépassement des valeurs limites ;
- 3° Procéder à l'évaluation des doses efficaces et équivalentes reçues par le travailleur et leur répartition dans l'organisme ;
- 4° Adapter en conséquence les mesures de prévention en vue d'éviter tout nouveau dépassement ;
- 5° Procéder aux vérifications initiales prévues aux articles [R. 4451-40](#) et [R. 4451-44](#) afin de s'assurer de l'efficacité des mesures de prévention qu'il a mises en œuvre, ou lorsque la situation concerne un véhicule utilisé lors d'opération d'acheminement de matière radioactive, aux vérifications prévues au 1° et, le cas échéant, du 2° du I de l'article R. 4451-44.

II.-L'employeur informe le comité social et économique ainsi que l'agent de contrôle de l'inspection du travail mentionné à l'article [L. 8112-1](#) et, selon le cas, l'Autorité de sûreté nucléaire ou le délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les installations et activités intéressant la défense, en précisant les causes présumées, les circonstances et les mesures envisagées pour éviter le renouvellement de ce dépassement.

(Limitation de 20 mSv)

(PN enceinte)

(Jeunes travailleurs 16 à 18 ans)

### Article R4451-6

L'exposition d'un travailleur aux rayonnements ionisants ne dépasse pas :

- 1° Pour l'organisme entier, la valeur limite d'exposition de 20 millisieverts sur douze mois consécutifs, évaluée à partir de la dose efficace .
- 2° Pour les organes ou les tissus, les valeurs limites d'exposition, évaluées à partir des doses équivalentes correspondantes, suivantes :
  - a) 500 millisieverts sur douze mois consécutifs, pour les extrémités et la peau. Pour la peau, cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup>, quelle que soit la surface exposée ;
  - b) 20 millisieverts sur douze mois consécutifs, pour le cristallin.

### Article R4451-7

Modifié par [Décret n°2018-437 du 4 juin 2018 - art. 1](#)

En cas de grossesse, l'exposition de l'enfant à naître, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de la grossesse et le moment de l'accouchement, est maintenue aussi faible que raisonnablement possible et, en tout état de cause, la dose équivalente reçue par l'enfant demeure **inférieure à 1 millisievert**.

### Article R4451-8

Modifié par [Décret n°2018-437 du 4 juin 2018 - art. 1](#)

L'exposition des jeunes âgés de quinze ans au moins et de moins de dix-huit ans aux rayonnements ionisants ne dépasse pas :

- 1° Pour l'organisme entier, 6 millisieverts sur 12 mois consécutifs, évaluée à partir de la dose efficace ;
- 2° Pour les organes ou les tissus, évalués à partir des doses équivalentes correspondantes, suivantes :
  - a) 150 millisieverts sur 12 mois consécutifs, pour les extrémités et la peau. Pour la peau, cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup>, quelle que soit la surface exposée ;
  - b) 15 millisieverts sur 12 mois consécutifs, pour le cristallin.

### 3. Valeurs limites d'exposition

Les PN sont **classés** en **groupe homogène affilié à la catégorie B**, les informations et les explications liées à la radioprotection leur sont délivrées comme suit :

Sur les supports de communication :

- IPAD
- Flyers Radioprotection
- Affiches sur le circuit PN
- Référentiel Sécurité au Travail
- Accès au Document Unique

Lors de la visite médicale :

- Par les Médecins du Travail

Lors de forums :

- Forum Santé Sécurité au Travail
- Forum Radioprotection

Lors des vols de mesure :

- Echanges pendant le vol
- Briefing post vol

Lors de la formation réglementaire en e .learning

## 4 . Présentation du plan de surveillance de la radioprotection

### ➔ Suivi et actions de prévention menées en lien avec les acteurs de la Radioprotection :

#### A. La Médecine du Travail :

- Réunion de travail mensuelle, réalisée avec la Conseillère en Radioprotection et le Docteur Cardines (Médecin du Travail référent sur la Radioprotection), pour le suivi de l'exposition du personnel navigant aux rayonnements cosmiques
- Simplification du déclenchement de la procédure de surveillance Air France « PROC.0049 »
- Renforcement des communications et des moyens d'accès aux Rayonnements Ionisants (au service médical et via les supports électroniques)
- Présentation des évolutions liées aux Rayonnements Ionisants lors des réunions de service IO.ZM aux médecins du travail et aux infirmières
- Participation aux vols de mesure : échanges sur les Rayonnements Ionisants en vol et en escale
- Implication dans l'étude menée sur l'évolution de la dosimétrie

#### B. L'IRSN :

- Lien en continu sur la gestion des données dosimétriques
- Mise à jour de l'actualité liée aux Rayonnements Ionisants
- Partage sur les évolutions du Code du travail sur la Radioprotection
- Organisation des campagnes de mesures en vol et étalonnage des appareils : vol de mesures avec la participation des Médecins du Travail, Référents Diplômés en Radioprotection : le Dr Michel Klerlein et/ ou le Dr Catherine Cardines
- Travail en transverse avec les acteurs de l'outil Siseri
- Participation aux évènementiels organisés par AF et inversement par l'organisme
- Suivi de la météorologie solaire

## 4. Présentation du plan de surveillance de la radioprotection

### ➔ Suivi et actions de prévention menées en lien avec les acteurs de la Radioprotection :

#### C. La Production Pilote et PNC :

- Partage avec la Production sur l'activité en lien avec les Rayonnements cosmiques

#### D. Les services Dimensionnement / Planning Pilote et PNC :

- Partage sur l'évolution des effectifs et de l'activité

#### E. Le Service Programme :

- Echange autour des destinations et propositions de destinations sous exposées afin de contribuer au principe ALARA

#### F. Elus de la CSSCT :

- Participation aux campagnes de mesure en vol
- Invitation de lors de conférence / forum liés aux Rayonnements ionisants
- Coopération sur les projets en lien avec la Radioprotection
- Coopération sur les courriers de prévention destinés aux salariés

## 4. Présentation du plan de surveillance de la radioprotection

### ➤ Suivi et actions de prévention menées en lien avec les acteurs de la Radioprotection :

#### G. Conseillère en Radioprotection (PCR) :

- Réunion de travail mensuelle, réalisée avec le Docteur Cardines (Médecin du Travail référent sur la Radioprotection), pour le suivi de l'exposition du personnel navigant aux rayonnements cosmiques
- Simplification du déclenchement de la procédure de surveillance Air France « PROC.0049 » avec le groupe de travail dédié
- Renforcement de la communication sur les rayonnements Ionisants pour les PN (choix d'outils innovants : étagère Radioprotection, Flyers, Affiches, forum, vidéos)
- Organisation de réunions de travail en lien avec les activités PCR des compagnies aériennes du groupe Air France-KLM, du FRET AF et de Paris Aéroport
- Participation aux journées PCR organisées par l'IRSN
- Formation continue avec l'IRSN et le laboratoire Paris Meudon
- Intervention au forum PCR Paris Aéroport
- Révision du module de formation Radioprotection réglementaire en e.learning
- Elaboration, pilotage et déploiement de la stratégie autour de l'activité de la Division A380 avant juin 2021
- Réalisation de courriers d'information destinés aux salariés en concertation avec la médecine du travail et les élus
- Renforcement du réseau transverse PCR

# 5. Evaluation de l'exposition aux Rayonnements Ionisants

## Réalisation de fiches d'exposition aux rayonnements ionisants

« Section 7

« Conditions d'emploi des travailleurs

« Sous-section 1

« Evaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants

« Art. R. 4451-52. – Préalablement à l'affectation au poste de travail, l'employeur évalue l'exposition individuelle des travailleurs :

- « 1° Accédant aux zones délimitées au titre de l'article R. 4451-24 et R. 4451-28 ;
- « 2° Membre d'équipage à bord d'aéronefs et d'engins spatiaux en vol ;
- « 3° Intervenant lors d'opérations de transport de substances radioactives ;
- « 4° Intervenant en situation d'exposition durable résultant d'une situation d'urgence radiologique.

« Art. R. 4451-53. – Cette évaluation individuelle préalable, consignée par l'employeur sous une forme susceptible d'en permettre la consultation dans une période d'au moins dix ans, comporte les informations suivantes :

- « 1° La nature du travail ;
  - « 2° Les caractéristiques des rayonnements ionisants auxquels le travailleur est susceptible d'être exposé ;
  - « 3° La fréquence des expositions ;
  - « 4° La dose équivalente ou efficace que le travailleur est susceptible de recevoir sur les douze mois consécutifs à venir, en tenant compte des expositions potentielles et des incidents raisonnablement prévisibles inhérents au poste de travail ;
  - « 5° La dose efficace exclusivement liée au radon que le travailleur est susceptible de recevoir sur les douze mois consécutifs à venir dans le cadre de l'exercice des activités professionnelles visées au 4° de l'article R. 4451-1.
- « L'employeur actualise cette évaluation individuelle en tant que de besoin.

« Art. R. 4451-54. – L'employeur communique l'évaluation individuelle préalable au médecin du travail lorsqu'il propose un classement du travailleur au titre de l'article R. 4451-57 ou qu'il établit que le travailleur est susceptible de recevoir dans le cadre de l'exercice des activités professionnelles visées au 4° de l'article R. 4451-1 une dose efficace supérieure à 6 millisievert exclusivement liée à l'exposition au radon.

**FICHE D'EXPOSITION  
AUX RAYONNEMENTS IONISANTS**

POUR LE PERSONNEL NAVIGANT AIR FRANCE SAUF FLOTTE PILOTES A380

Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection  
des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants

**CARACTÉRISTIQUES DE LA SOURCE :**

1. Nature du travail :  
Conduite d'aéronefs d'aviation commerciale  
Activités du Personnel Navigant commercial à bord d'aéronefs  
d'aviation commerciale
2. Source et nature des rayonnements ionisants :  
Source naturelle, renforcée  
Rayonnements Cosmiques
3. Durée et période d'exposition :  
Dose efficace moyenne sur 12 mois glissants :  
- PNC Moyen-Courrier : 0,77  
- PNC Long-Courrier : 2,67  
- Pilotes Moyen-Courrier : 1,39  
- Pilotes Flotte B777 : 2,86  
- Pilotes Flotte A330 : 2,05

=> Dose efficace inférieure à 6mSv sur 12 mois glissants

**CLASSEMENT ET SUIVI DU PERSONNEL :**

Catégorie : A  B

Suivi de l'exposition : -> Mensuel

**MOYENS DE PROTECTION INDIVIDUELS :**

- Aménagement de planning

Visa : Conseiller en radioprotection : Carole MORENO

VIBEXON1-Mon-Social-Air-France  
Tous droits réservés  
Sous la version électronique datée de



## 6. Classement du personnel

Conformément au code du travail, le personnel navigant est classé selon la dose qu'il est susceptible de recevoir : les PN sont en catégorie B

« Sous-section 3

« Classement des travailleurs

« Art. R. 4451-57. – I. – Au regard de la dose évaluée en application du 4° de l'article R. 4451-53, l'employeur classe :

« 1° En catégorie A, tout travailleur susceptible de recevoir, au cours de douze mois consécutifs, une dose efficace supérieure à 6 millisieverts ou une dose équivalente supérieure à 150 millisieverts pour la peau et les extrémités ;

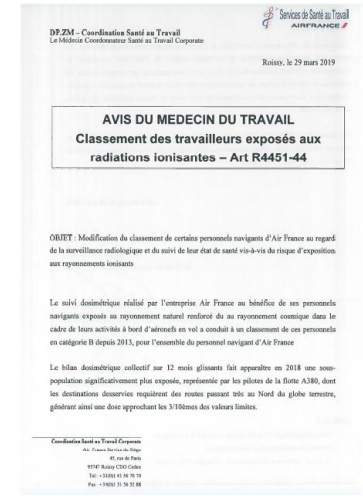
« 2° En catégorie B, tout autre travailleur susceptible de recevoir :

« a) Une dose efficace supérieure à 1 millisievert ;

« b) Une dose équivalente supérieure à 15 millisieverts pour le cristallin ou à 50 millisieverts pour la peau et les extrémités.

« II. – Il recueille l'avis du médecin du travail sur le classement.

« L'employeur actualise en tant que de besoin ce classement au regard, notamment, de l'avis d'aptitude médicale mentionné à l'article R. 4624-25, des conditions de travail et des résultats de la surveillance de l'exposition des travailleurs.



- ANNEXES :
- Bilan dosimétrique 12 mois glissants 2018 PN Air France
  - Articles de référence du Code du Travail
  - Fiches d'exposition des personnels navigants d'Air France

# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

## ➤ Information individuelle aux personnels navigants

Dans le cadre du plan de formation triennal Sécurité et Santé au Travail (2016 à 2018), vous devez réaliser plusieurs e-learning SST, dont celui concernant les Rayonnements Ionisants.

### Les Rayonnements Ionisants ? Qu'est-ce que c'est ?



Dans notre vie quotidienne, nous recevons tous des rayonnements ionisants. En haute altitude, et aux hautes latitudes, la protection de l'atmosphère est moindre et notre exposition est accrue. Quelle que soit la nature d'un rayonnement ionisant, elle est exprimée en milliSievert (mSv). Ceci correspond à une dose de rayonnement reçue par rapport à une durée d'exposition.

La réglementation européenne impose aux entreprises exploitant des avions de surveiller l'exposition de leur personnel navigant. Air France utilise un système d'information et d'évaluation de l'exposition au rayonnement cosmique pour chaque vol : le système « SIEVERT ».

### Projet de maternité ?

La salariée elle-même doit informer le plus tôt possible de sa grossesse puisque c'est dans les premières semaines de grossesse que les risques sont les plus élevés.

**GROSSESSE ET EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS**



**Code Du Travail - Article D4152-5**  
Lorsque, dans son emploi, la femme enceinte est exposée à des rayonnements ionisants, l'exposition de l'enfant à naître est, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de grossesse et l'accouchement, aussi faible que raisonnablement possible et en tout état de cause inférieur à 1 mSv.

Il est fortement conseillé à la salariée enceinte de déclarer sa grossesse à son médecin du travail dès lors qu'elle est confirmée. Le plus tôt possible. Entre la déclaration de grossesse et l'accouchement, l'exposition de l'enfant à naître doit être inférieur à 1 mSv.

Calcul de doses par vols réalisés

Connaitre sa dosimétrie personnelle à m-2\*



## 7. Informations Radioprotection pour les navigants

### ➤ Sur les IPAD :

\* **Création de l'étagère Radioprotection** regroupant les moyens de prévention et toutes les informations liées à la radioprotection



\* **Vidéo** réalisée par la Conseillère en radioprotection et par le médecin du travail référent en radioprotection

# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

➤ Dans la lettre métier: sujet Rayonnements Ionisants abordé tous les ans

Dans le cadre du plan de formation triennale Sécurité et Santé (2026 à 2028), vous devez réaliser plusieurs e-learning SST, dont celui concernant les Rayonnements Ionisants.

### Les Rayonnements Ionisants ? Qu'est-ce que c'est ?



Dans notre vie quotidienne, nous recevons tous des rayonnements ionisants.

En haute altitude, et aux hautes latitudes, la protection de l'atmosphère est réduite et notre exposition est accrue.

Quelle que soit la source d'un rayonnement ionisant, elle est exprimée en **SIEVERT (Sv)**.

Ceci correspond à une dose de rayonnement reçue par rapport à une durée d'exposition.

La réglementation impose aux entreprises exploitant des avions de surveiller l'exposition de leur personnel navigant. En France utilise un système d'information et d'évaluation de l'exposition au rayonnement cosmique pour chaque vol : le système « SIEVERT ».

### Comment connaître ma dosimétrie personnelle ?

Pour connaître ma dosimétrie, je dois me connecter sur le site officiel de l'Institut de Radioprotection de Saclay-Maclaire (IRSN) à l'adresse suivante:

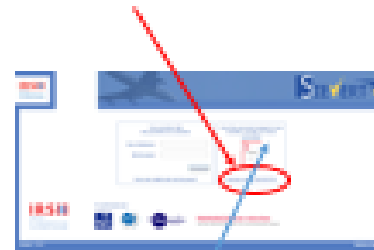
<https://www.sievert-system.org>

➤ Je clique sur « Accès Professionnel »



➤ J'accède à la page de connexion SIEVERT®

Pour la première connexion, je m'inscris pour accéder à mon compte



J'ai un moyen d'authentification à disposition

➤ Et maintenant, je peux prendre connaissance de ma dosimétrie tous les mois !

# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

L'Espace Forum



## ➤ A la Cité PN :

## Forum Radioprotection avec tous les acteurs internes et externes liés à la radioprotection

Les Présentations



**Nicolas Faller** - Je suis ingénieur en radioprotection à l'Observatoire de Paris (Meudon), avec un intérêt particulier dans la physique des éruptions solaires et des particules de haute énergie. Ce sont des phénomènes de physique fondamentale. Une les particules solaires de haute énergie contribuent quand ils impactent l'atmosphère et de la Terre, aux doses de radiation reçues en vol.

**Karl Ludwig Klein** - Je suis chercheur en cosmologie à l'Observatoire de Paris (Meudon), avec un intérêt particulier dans la physique des éruptions solaires et des particules de haute énergie. Ce sont des phénomènes de physique fondamentale. Une les particules solaires de haute énergie contribuent quand ils impactent l'atmosphère et de la Terre, aux doses de radiation reçues en vol.



Sur le forum :

- l'origine du rayonnement cosmique
- les particules du rayonnement cosmique galactique
- l'activité solaire (cycle de 11 ans)
- l'influence des particules solaires de hautes énergies sur la dose de radiation des PN
- le lien entre les éruptions solaires et les doses de radiations reçues en vol
- la présentation des appareils de mesure et d'observation
- les procédés d'analyse et de calculs
  - . données des moniteurs à neutrons français
  - . modélisation de la dose supplémentaire induite par les (rares) éruptions solaires . . l'effet perçu aux altitudes de vol
- la surveillance en continue de l'Observatoire de Paris

**Nicolas Faller** - Je suis ingénieur en radioprotection à l'Observatoire de Paris (Meudon), avec un intérêt particulier dans la physique des éruptions solaires et des particules de haute énergie. Ce sont des phénomènes de physique fondamentale. Une les particules solaires de haute énergie contribuent quand ils impactent l'atmosphère et de la Terre, aux doses de radiation reçues en vol.

Plus d'informations : <https://www.observatoiredeparis.fr/>

Les Présentations



**Carole MORENO (PCR)**

- Rôle de la PCR
- Organisation de la Radioprotection chez les PN AF
- Pilotage de Radioprotection pour le Personnel Navigant
- Suivi de l'exposition des PN aux Rayonnements cosmiques
- La réglementation liée aux rayonnements Cosmiques
- Les valeurs d'exposition



**Nadia Le Guerson**  
**Carole Lefevre**  
Infirmières  
**Isabelle Nguyen Van Nhut**  
infirmière encadrante

- Informations sur visites médicales du travail
- Informations générales liées à la radioprotection
- Process d'accès au site SievertPN.
- Démonstrations d'accès au site Sievert PN et d'accès à sa dosimétrie personnelle



**Dr Catherine CARDINES**

- Explication de la contribution du Sievert 10.2M dans la prévention liée aux risques cosmiques

Les Présentations



**François THOMPHER**  
Ingénieur chercheur au service de Recherche en Dosimétrie (SDOS) de l'IRSN. J'ai participé à l'élaboration du logiciel SIEVERT et suis responsable du programme de mesure en vol IRSN, notamment des vols de mesure co-organisés avec Air France.

Sur le forum :

- l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire)
- l'historique et le concept du logiciel SIEVERTPN
- le calcul des doses du rayonnement cosmique
- les caractéristiques des appareils de mesures à bord des avions AF
- la plus-value des mesures en vol effectuées avec AF
- les recherches scientifiques en cours

Les Présentations



**Isabelle Chillaud**  
Responsable de la Section Aéronautique & Sécurité du Laboratoire  
Personne compétente en Radioprotection du Groupe depuis 2009

Sur le forum :

- les colis radioactifs
- les emballages liés aux colis radioactifs
- la réglementation et la conformité des colis
- l'acceptation des colis et leur transporteur
- le lieu de stockage des colis radioactifs



**Veronique Lajeune**  
Chargée de projets dans le service de Recherche en Dosimétrie (SDOS), je suis l'interlocutrice des compagnies aériennes pour SIEVERTPN sur les aspects commerciaux et techniques.

Sur le forum :

- le site de l'IRSN
- le service SievertPN (aspects commerciaux et techniques)
- les évolutions du Site SievertPN



**Luc Capobianco**  
Groupe ADP PARIS AÉROPORT  
Responsable de la Section Aéronautique & Sécurité du Laboratoire  
Personne compétente en Radioprotection du Groupe depuis 2009

Sur le forum :

- la maîtrise des risques liés à l'utilisation des rayonnements ionisants dans les aéroports parisiens
- les appareils de sûreté (PIF)
- les évolutions technologiques en cours et à venir
- les contrôles mis en œuvre sur les postes d'inspection filtrage

Responsable de la valorisation et de l'animation du site SIEVERTPN <https://www.airfrance.com/fr/airfrance>  
SIEVERTPN, l'organisme régulièrement des événements en lien avec notre activité, en particulier le Salon International de l'Aéronautique et de l'Espace du Bourget (SIAE).

Au sein du site exploitation du Laboratoire service hors-vol ADP ouvrant sur toutes les plateformes du groupe, pilotage des activités suivantes :

- ✓ Contrôles sur les dérivants et dérivogéants avions et chassées (Accréditation CORAC)
- ✓ Assistance opérationnelle et métrologique sur les moyens de mesure d'adhérence des pistes
- ✓ Etudes, Mesures et Analyses des paramètres de la pollution de la piste de surfaces aéronautiques en conditions hivernales (plusieurs projets de R&D eligible CIR)
- ✓ Radioprotection liée à l'utilisation d'environ 500 appareils de contrôle bagages utilisant les rayons X (Accréditation CORAC) mais aussi coordination de cette activité avec tous les acteurs des plateformes ayant recours à l'utilisation des rayonnements ionisants.



# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

- Sur Intraignes : Informations sur l'accès à sa dosimétrie individuelle



- Pilotes ▾
- PNC ▾
- PS ▾

## Rayonnement ionisant

**Nous recevons tous des rayonnements ionisants.**

En haute altitude, et aux hautes latitudes, la protection de l'atmosphère est moindre et l'exposition des navigants est accrue.

Quelle que soit la nature d'un rayonnement ionisant, elle est exprimée en milliSievert (mSv). Ceci correspond à une dose de rayonnement reçu par rapport à une durée d'exposition.

Les rayonnements cosmiques ne représentent qu'une partie des rayonnements ionisants (11 %).

Les sources naturelles terrestres exposent chacun d'entre nous à une dose moyenne de 2,4mSv par an avec d'importantes variations suivant les régions en fonction de la nature des sols.

La réglementation européenne impose aux entreprises exploitant des avions de surveiller l'exposition de leur personnel navigant. Air France utilise un système d'information et d'évaluation de l'exposition au rayonnement cosmique pour chaque vol : le système « SIEVERT. »

Suite à l'application de l'arrêté du 17 juillet 2013 relatif au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, c'est au personnel navigant d'interroger le site de l'Institut de Radioprotection de Sécurité Nucléaire (IRSN) pour obtenir son bilan dosimétrique.

Pour connaître sa dosimétrie, le PN doit se connecter sur le site sécurisé de l'Institut de Radioprotection de Sécurité Nucléaire (IRSN) à l'adresse suivante:

<http://www.sievert-system.org/>, puis cliquer sur "accès professionnels".

Si nécessaire consulter le guide "consultation des données dosimétriques".

La Personne Compétente en Radioprotection supervise l'activité liée aux rayonnements ionisants naturel ou artificiel dans l'établissement. La PCR veille au respect des normes de protection, contribue à la surveillance de l'exposition et au suivi de la dosimétrie via le logiciel «Sievert ».

Stephanie DAGUET, le 10/08/2011  
modifié par Gilbert Leprovot, le 23/02/2016

Documents

- > En savoir plus sur les éruptions solaires (47 Ko)
- > Qu'est ce que le rayonnement cosmique (82 Ko)
- > L'exposition aux rayonnements cosmiques dans l'avion (94 Ko)
- > Consultation des données dosimétriques (981 Ko)

> Accès au bilan dosimétrique

# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

## ➤ Au Service Médical IO.ZM :

. Documentations en libre service à la Médecine du travail (salle d'attente) : Manuel Sievert et documents sur les Rayonnements Cosmiques à disposition du Personnel Navigant, documentations sur les Rayonnements Cosmiques

. Lors de la visite médicale : informations délivrées systématiquement par les Médecins du Travail et les infirmières



### Exposition aux Rayonnements Ionisants

➤ **Comment pouvez-vous connaître la dose d'exposition en mSv d'un vol réalisé ?**

1. Vous devez connaître l'heure **locale** de départ du vol et l'heure **locale** d'arrivée du vol (idem pour le vol retour)
2. Accédez à l'application SIEVERTPN, cliquez sur calcul de doses ou calculez la dose reçue lors de votre dernier voyage

The screenshot shows the SIEVERTPN application interface. A red circle highlights the button "Calculer la dose reçue lors de votre dernier voyage". Other visible elements include the IRSN logo, the "SIEVERT" title, and various menu options like "INCIDENTS", "FOIRE AUX QUESTIONS", and "LIENS ET INFOS UTILES".

3. Renseignez les cases correspondantes

The screenshot shows the "Evaluez la durée reçue" form in the SIEVERTPN application. It has two main sections: "DÉPART" and "ARRIVÉE". Each section has fields for "Pays (département ou pays)", "Date (année/mois/jour)", "Heure (heure/minute)", and "Type de vol".

4. Faites la somme des vols effectués

seCurité  
du TRAVAIL  
Sanité  
IO.ZM

# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

➤ Remise de documents et de flyers aux PN :

**Dans le cas d'un projet de grossesse :**



## Radioprotection

### Quoi de neuf ?

Création d'une étagère dédiée à la Radioprotection dans vos PAD

séCuriTÉ AU TRAVAIL

Santé AU TRAVAIL

# La radioprotection

### Grossesse et exposition aux Rayonnements Ionisants

**Code Du Travail : Article D4152-5**  
 Lorsque, dans son emploi, la femme enceinte est exposée à des rayonnements ionisants, l'exposition de l'enfant à naître est, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de grossesse et l'accouchement, aussi faible que raisonnablement possible et en tout état de cause inférieur à 1 mSv.

Il est fortement conseillé à la salariée enceinte de déclarer sa grossesse à son médecin du travail dès lors qu'elle est confirmée. Le plus tôt possible.  
 Entre la déclaration de grossesse et l'accouchement, l'exposition de l'enfant à naître doit être inférieure à 1mSv.



**Soyez proactif, consultez votre compte SIEVERT PN !**

Impression : Service Édition de France - diffusion : Communication IFC





# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

## ➤ Remise de documents et de flyers aux PN :

### Exposition aux Rayonnements Ionisants


**■ Comment connaître ma dosimétrie personnelle à M-2\*:**

- ➔ (M-2\* => Depuis 2014, vous avez accès à votre dosimétrie individuelle. Pour la connaître, il suffit d'accéder à l'application SievertPN comme indiqué.
- ➔ Pour information, vous n'avez accès qu'à la totalité de votre dosimétrie jusqu'à M-2, temps nécessaire à l'envoi des plannings, au calcul de l'exposition, aux vérifications et à la publication dans Sievert

**1 Accédez à l'application web SIEVERTPN**

depuis un navigateur web (Internet Explorer, Firefox ou Chrome)  
Saisir l'url suivante : <https://www.sievert-system.org>  
Cliquez sur **Accès Professionnel**

**2 Vous accédez à la page de connexion de SIEVERTPN**




**3 Pour la première connexion, inscrivez-vous à SIEVERTPN pour accéder à votre compte**


**4 Faites la somme des vols effectués**

**■ Comment pouvez-vous connaître la dose d'exposition en mSv d'un vol réalisé ?**

- 1 Vous devez connaître l'heure locale de départ du vol et l'heure locale d'arrivée du vol (idem pour le vol retour)
- 2 Accédez à l'application SIEVERTPN, cliquez sur calcul de doses ou calculez la dose reçue lors de votre dernier voyage



**3 Renseignez les cases correspondantes**



**AIRFRANCE** **KLM**

# 7. Informations Radioprotection pour les navigants

Rappels systématiques sur les moyens d'accès à la dosimétrie individuelle via [www.sievert-system.org](http://www.sievert-system.org)

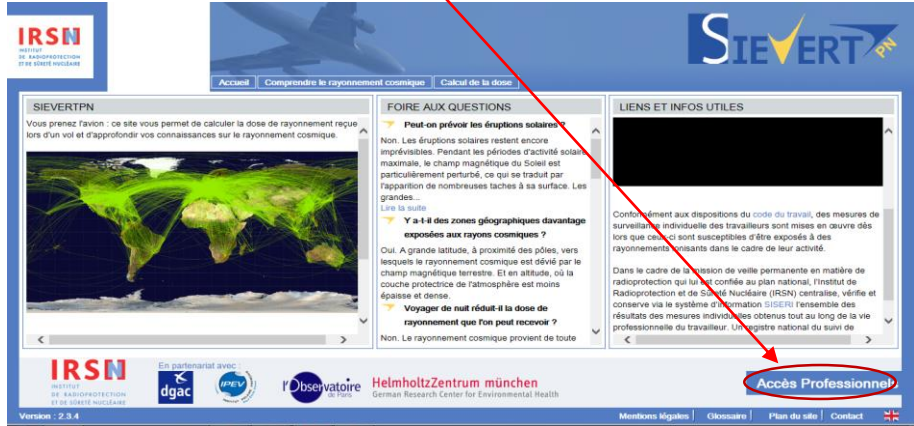
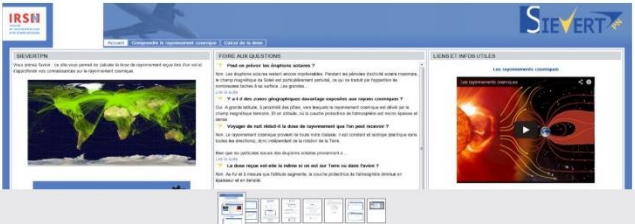
Etape 1 : cliquez sur le lien : <https://www.sievert-system.org>

Etape 2 : allez sur « Accès Professionnel »



Manuel d'utilisation de SIEVERTPN à l'usage des personnels navigants

- Vous êtes personnel navigant et vous souhaitez consulter vos données dosimétriques individuelles via l'outil SIEVERTPN :
1. Vous accédez à l'application web SIEVERTPN depuis un navigateur web (Internet Explorer, Firefox ou Chrome). Pour cela, vous saisissez l'url suivante : <https://www.sievert-system.org> dans la barre de navigation.
  2. La page d'Accueil de SIEVERTPN s'affiche (Figure 1).



Etape 3 : entrez vos codes personnels



## 8. Formation réglementaire Radioprotection pour les navigants

La formation sur les rayonnements ionisants est réglementaire pour tout le personnel navigant. Elle est révisée tous les trois ans. Elle est dispensée en e.learning pour les PNC lors de 4S pour les pilotes.



## 9. Surveillance au moyen d'une modélisation numérique

La réglementation européenne adoptée en 1996 impose ainsi aux entreprises exploitant des avions de surveiller l'exposition de leur personnel navigant. En France, les pouvoirs publics ont mis le système S.I.E.V.E.R.T. ) à la disposition des employeurs. Cet outil d'évaluation des doses a été mis au point par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et ses partenaires : l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IRSN), l'Observatoire de Paris et l'Institut français de recherche et de techniques polaires (IPEV).

**Air France dans un premier temps a envoyé au domicile des salariés les évaluations dosimétriques par le biais des EP4/EP5 puis avec la coopération de l'IRSN , la mise à disposition de la dosimétrie a évolué vers un accès confidentiel numérique .**

**Chaque PN a un accès individuel et sécurisé afin de consulter sa dosimétrie.** En cas de perte de ses identifiants, il peut contacter directement l'IRSN ou la Conseillère en radioprotection pour un renvoi de lien d'accès.



« Art. R. 4451-65. – I. – La surveillance dosimétrique individuelle liée à l'exposition externe ou l'exposition au radon est réalisée au moyen de dosimètres à lecture différée adaptés.

« Lorsque l'exposition externe est due au rayonnement cosmique, cette surveillance peut être réalisée au moyen d'une modélisation numérique.

The image is a screenshot of the SIEVERTPN website. At the top, there are navigation tabs: "Accueil", "Comprendre le rayonnement cosmique", and "Calcul de la dose". The main content area is divided into three columns. The left column has a heading "SIEVERTPN" and a sub-heading "Vous prenez l'avion, ce site vous permet de calculer la dose de rayonnement reçue lors d'un vol et d'approfondir vos connaissances sur le rayonnement cosmique." Below this is a map of the world with green and yellow areas. The middle column has a heading "FOIRE AUX QUESTIONS" and several questions with answers, such as "Peut-on prévoir les éruptions solaires?", "Y a-t-il des zones géographiques davantage exposées aux rayons cosmiques?", and "Voyager de nuit réduit-il la dose de rayonnement que l'on peut recevoir?". The right column has a heading "LIENS ET INFOS UTILES" and a link to "Accès Professionnels". At the bottom, there are logos for IRSN, DGAC, IPEV, and Helmholtz Zentrum münchen. A red circle highlights the "Accès Professionnels" link, and a red arrow points from the text above to it.

## 9. Surveillance au moyen d'une modélisation numérique

La Conseillère en Radioprotection et le Médecin référent en Radioprotection d'Air France se rencontrent chaque mois afin d'assurer le suivi du personnel navigant. Le personnel navigant bénéficie également d'un suivi médical, à chaque visite médicale, un point est effectué sur la radioprotection.

### *« Modalités spécifiques du suivi individuel renforcé*

« Art. R. 4451-82. – Le suivi individuel renforcé des travailleurs classés au sens de l'article R. 4451-57 ou des travailleurs faisant l'objet d'un suivi individuel de l'exposition au radon prévu à l'article R. 4451-65 est assuré dans les conditions prévues aux articles R. 4624-22 à R. 4624-28.

« Pour un travailleur classé en catégorie A, la visite médicale mentionnée à l'article R. 4624-28 est renouvelée chaque année. La visite intermédiaire mentionnée au même article n'est pas requise.

### *« Gestion de la surveillance dosimétrique*

« Art. R. 4451-106. – Le médecin du travail et le conseiller en radioprotection mettent en œuvre de manière concertée la surveillance dosimétrique individuelle prévue au 4<sup>o</sup> de l'article R. 4451-102 ou l'évaluation des expositions prévue au 3<sup>o</sup> de l'article R. 4451-103.

## 10. Vols de mesure

- Deux campagnes annuelles de mesures sont réalisées en vol, elles permettent :
  - La surveillance du modèle mathématique
  - La participation des élus CSSCT Pilotes et CSSCT PNC sur volontariat au vol
  - La sensibilisation effectuée pendant le vol auprès des membres d'équipages (remise de documents Radioprotection à bord)
  - Des questions / réponses avec l'équipage en vol et à l'escale avec M Trompier Ingénieur-Chercheur à l'IRSN
  - Un éclaircissement sur l'exposition liée aux Rayonnements cosmiques
  - La vérification des appareils de mesures par l'ingénieur de l'IRSN (15 dosimètres par vol, 4 spectromètres par vol)

# 11. ETUDE COMPARATIVE ANCIENNE vs NOUVELLE ROUTE NARITA/ ROISSY CHARLES DE GAULLE

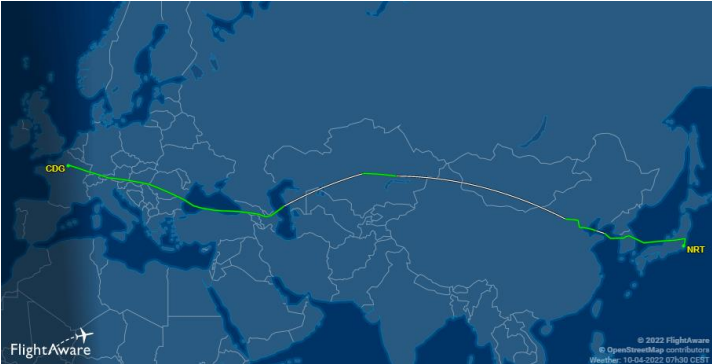
## Dose efficace (E) par vol en mSv

	CGD-NRT	NRT-CDG	Total
Ancienne Route	0,05 mSv(*)	0,06 mSv(*)	0,11 mSv
Nouvelle Route	0,03 mSv (**)	0,10 mSv(***)	0,13 mSv

Données issues de Sievert PN  
Calcul dose moyenne sur déc. 2021

(\*\*): Route Sud pratiquée actuellement calculée par IRSN sur vol AF6724 du 10/04/2022 par CARI-7 et données FlightAware

(\*\*\*): Route Nord envisagé et calculé par IRSN sur données fournies par Air France avec CARI-7



**Conclusion:**  
Augmentation sur AR de l'ordre de 20% par rapport à déc. 2021





## 12. Conclusion

=> Bien que la nouvelle route Nord NRT/CDG envisagée suppose une augmentation de 20% sur la dose totale de la rotation CDG/NRT/CDG, les doses liées à la route Sud CDG/NRT (plus faibles que la route précédente), le cycle solaire impulsant une baisse des doses et la mixité (diversité) des plannings mensuels des PN permettent une projection de la construction de cette rotation sans restriction à ce stade.

=> Conformément au Code du Travail et au Code de la Santé Publique, Air France par le biais de la nomination d'une Conseillère en Radioprotection et de l'implication du service de Santé au Travail, renforcé par deux Médecins du Travail, titulaires d'un Diplôme Universitaire en Radioprotection, applique rigoureusement les principes de précaution et de prévention liés à la Radioprotection.



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Rayonnements cosmiques : dosimétrie des personnels navigants



26/04/2022

Auteurs :

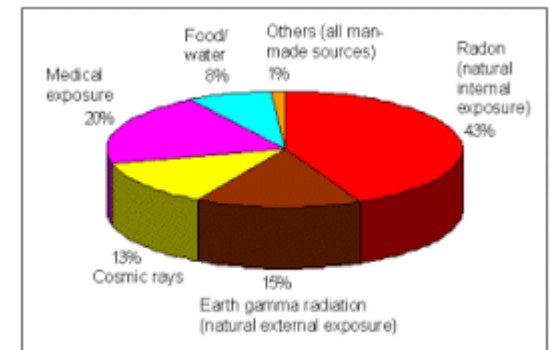
TROMPIER François (PSE-  
SANTE/SDOS/LDRI)

© IRSN

# Introduction

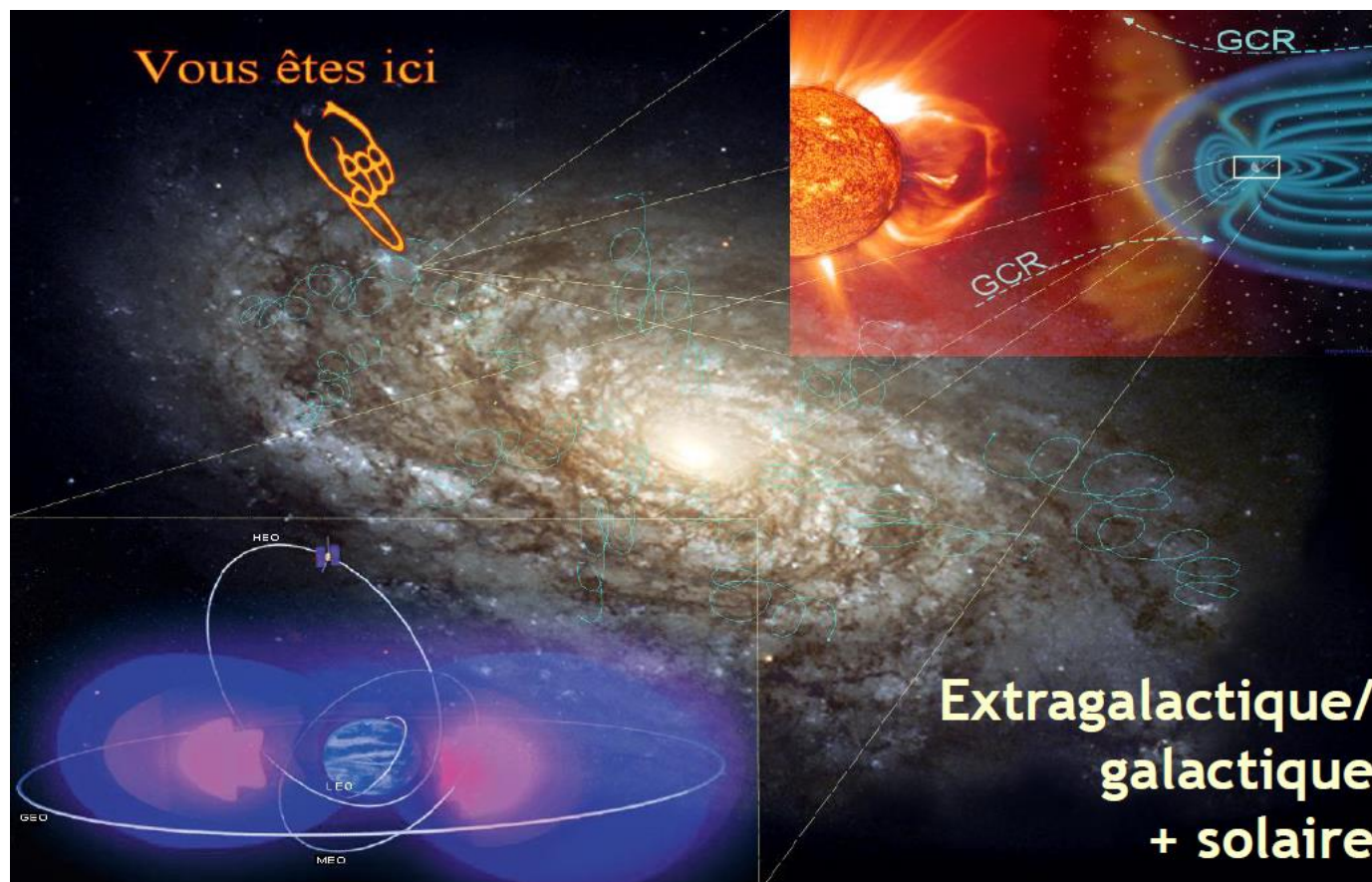
## ➤ Qu'est ce que le rayonnement cosmique (RC)?

- Nous sommes tous exposés au RC en permanence
- RC vient de profondeurs de l'espace et du soleil
- RC représente 1/7 de notre exposition au rayonnement naturel



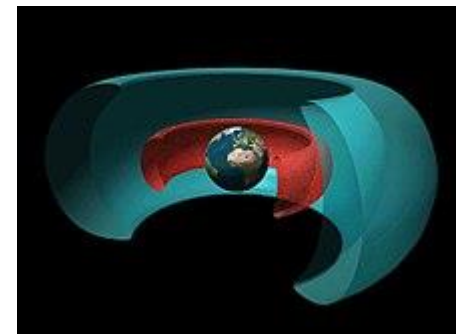
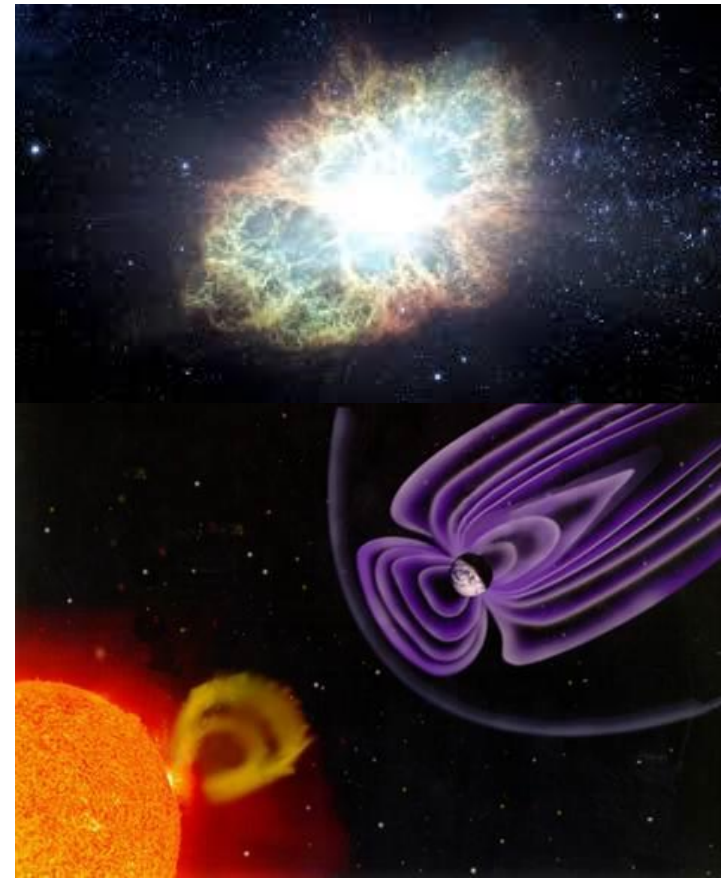
*Credit: WHO*

# Origine du rayonnement cosmique

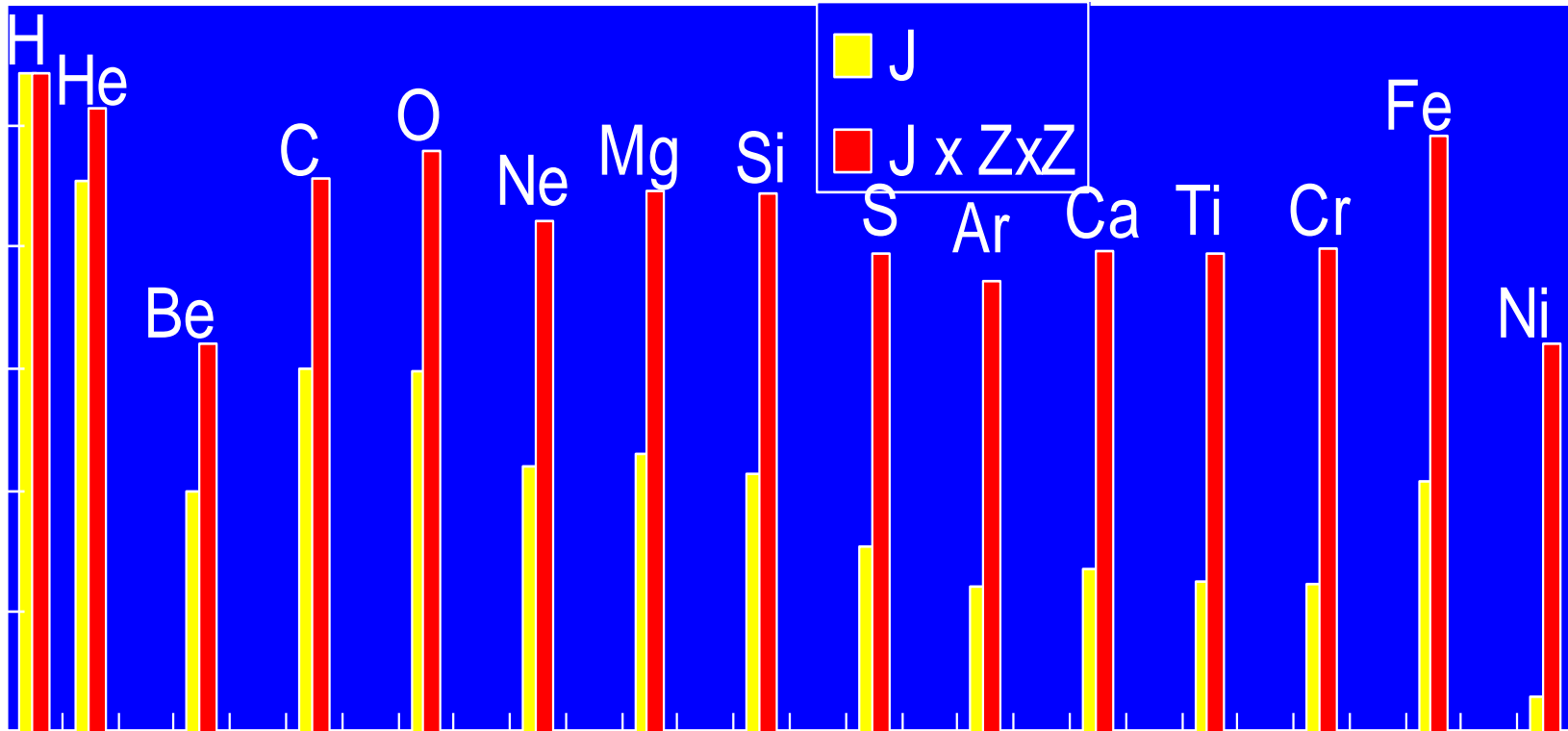


# Rayonnement Cosmique

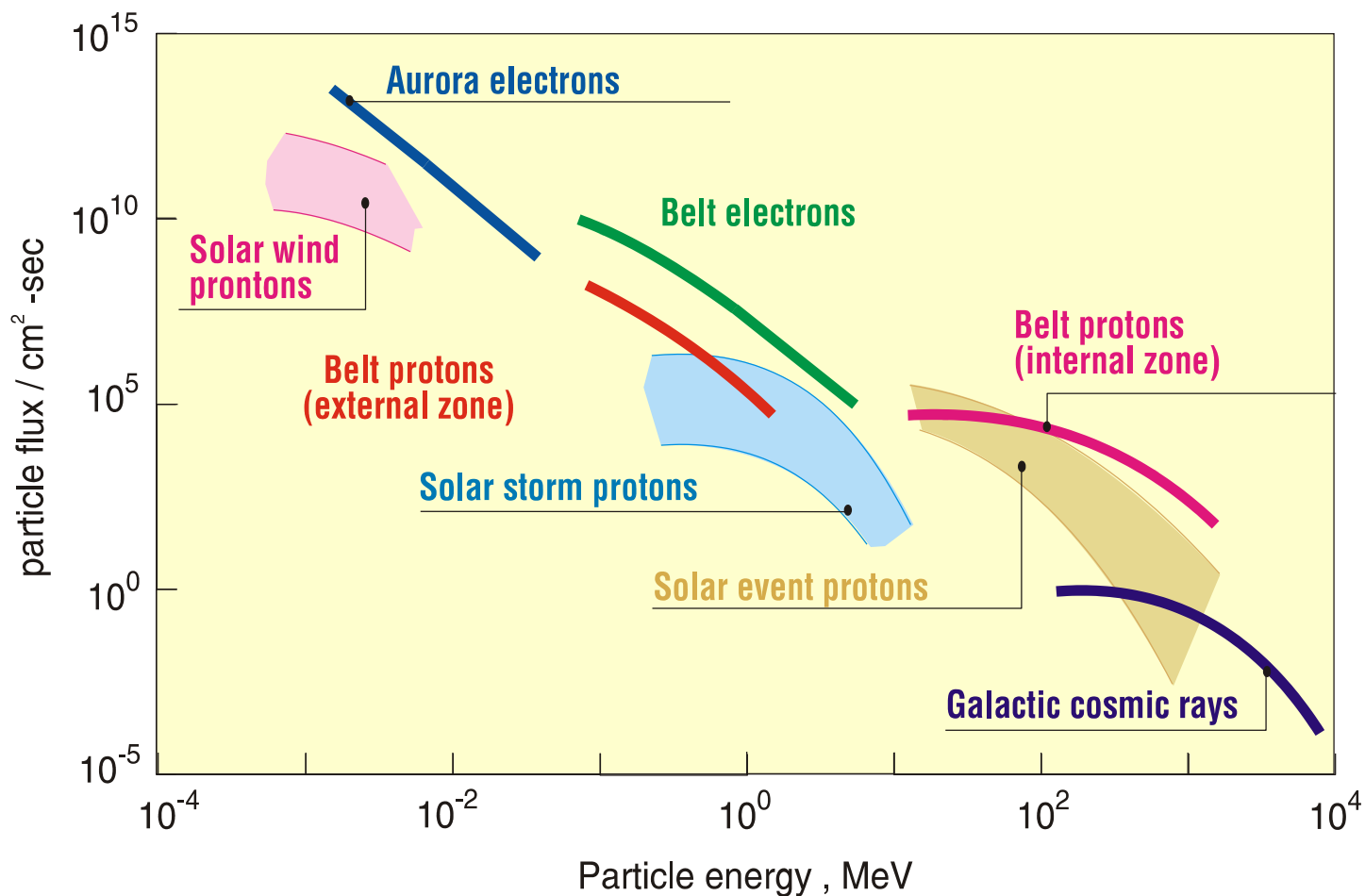
- **Galactic** ( $<10^{15}$  eV) and **extra-galactic** ( $10^{15}$ - $10^{21}$  eV), issue de l'explosion de supernova (principalement des protons)
- **Origine Solaire**: principalement des protons, également noyaux He and électrons pour le vent solaire ( $<10$  keV) mais également des protons, He (up to GeV), neutron, X and gamma rays en cas d'éruptions
- **Ceintures de radiations**: électrons and protons



# Composition du RC galactique



# Distribution en énergie du RC

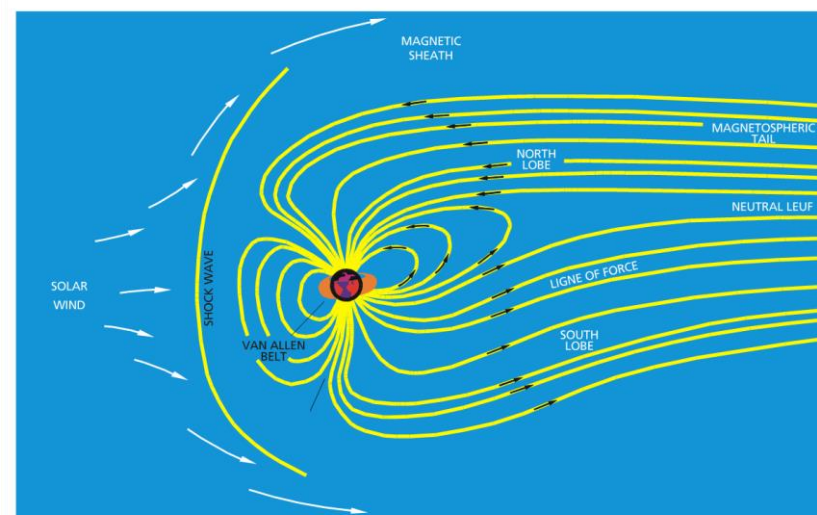
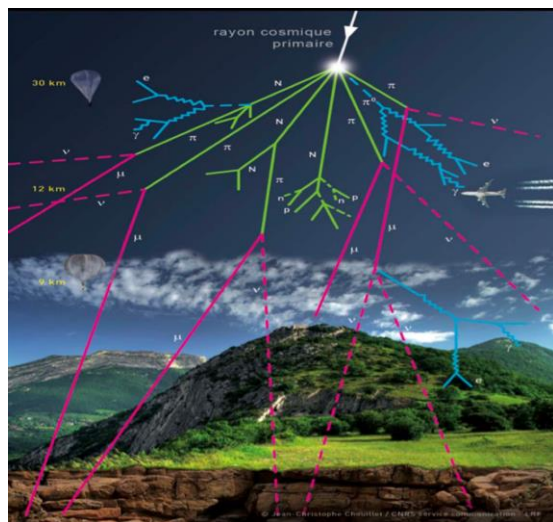




# Les barrières de protection

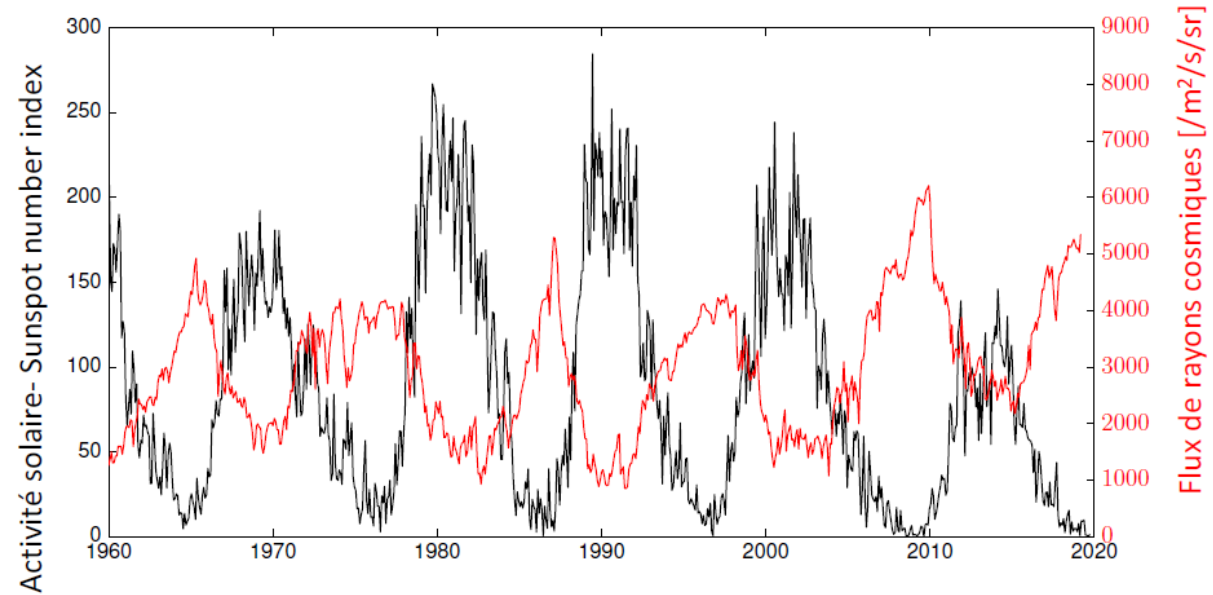
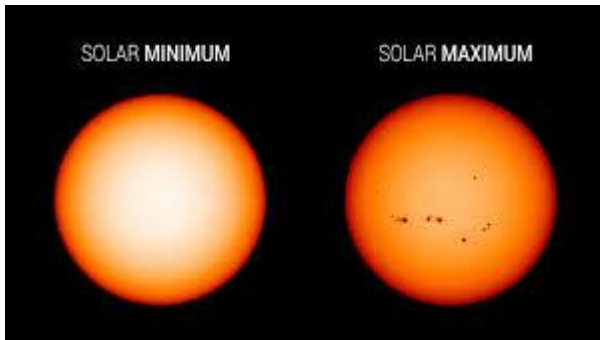
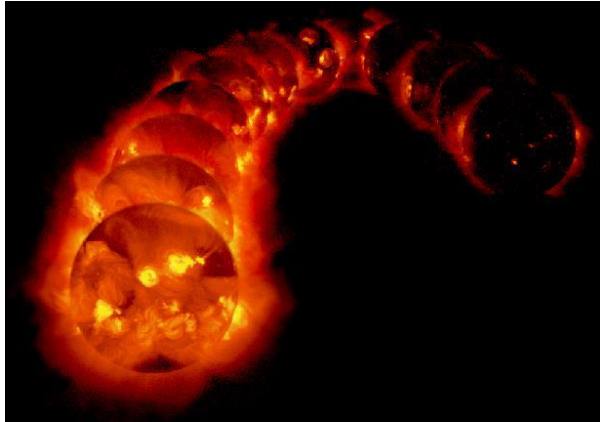
## ➤ Trois barrières

- Le champ magnétique interplanétaire
- La magnetosphere Terrestre
- L'atmosphère Terrestre



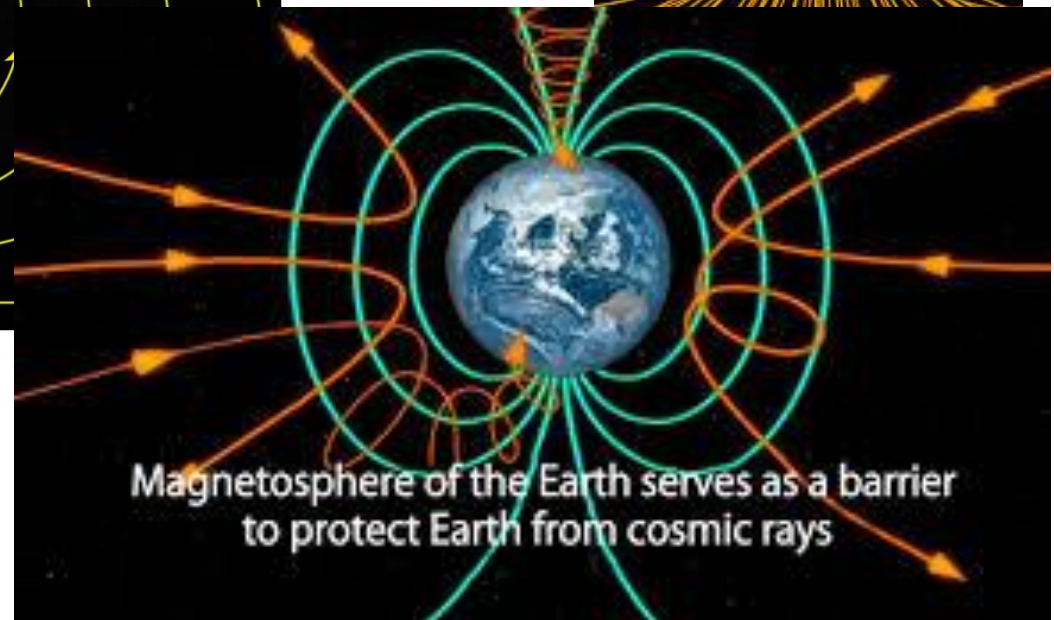
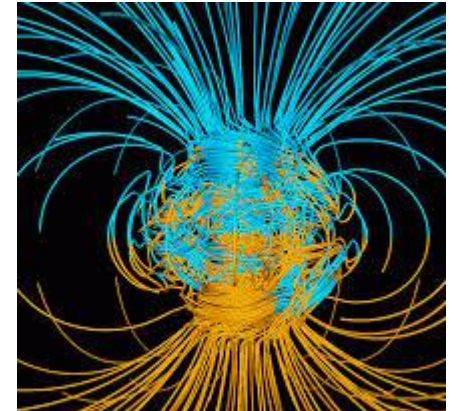
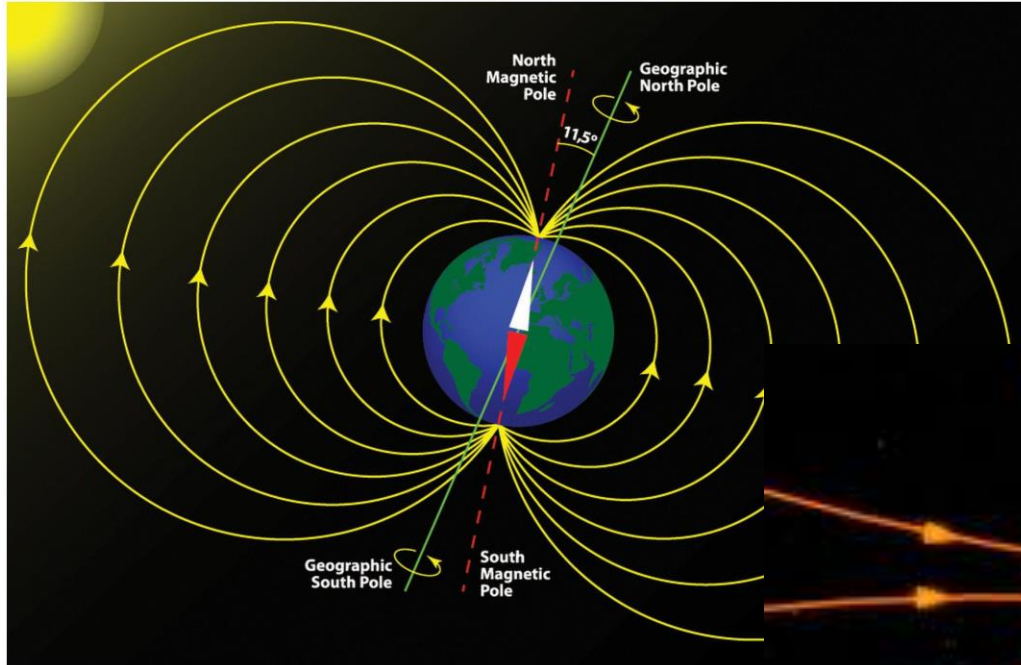


# Influence du cycle solaire

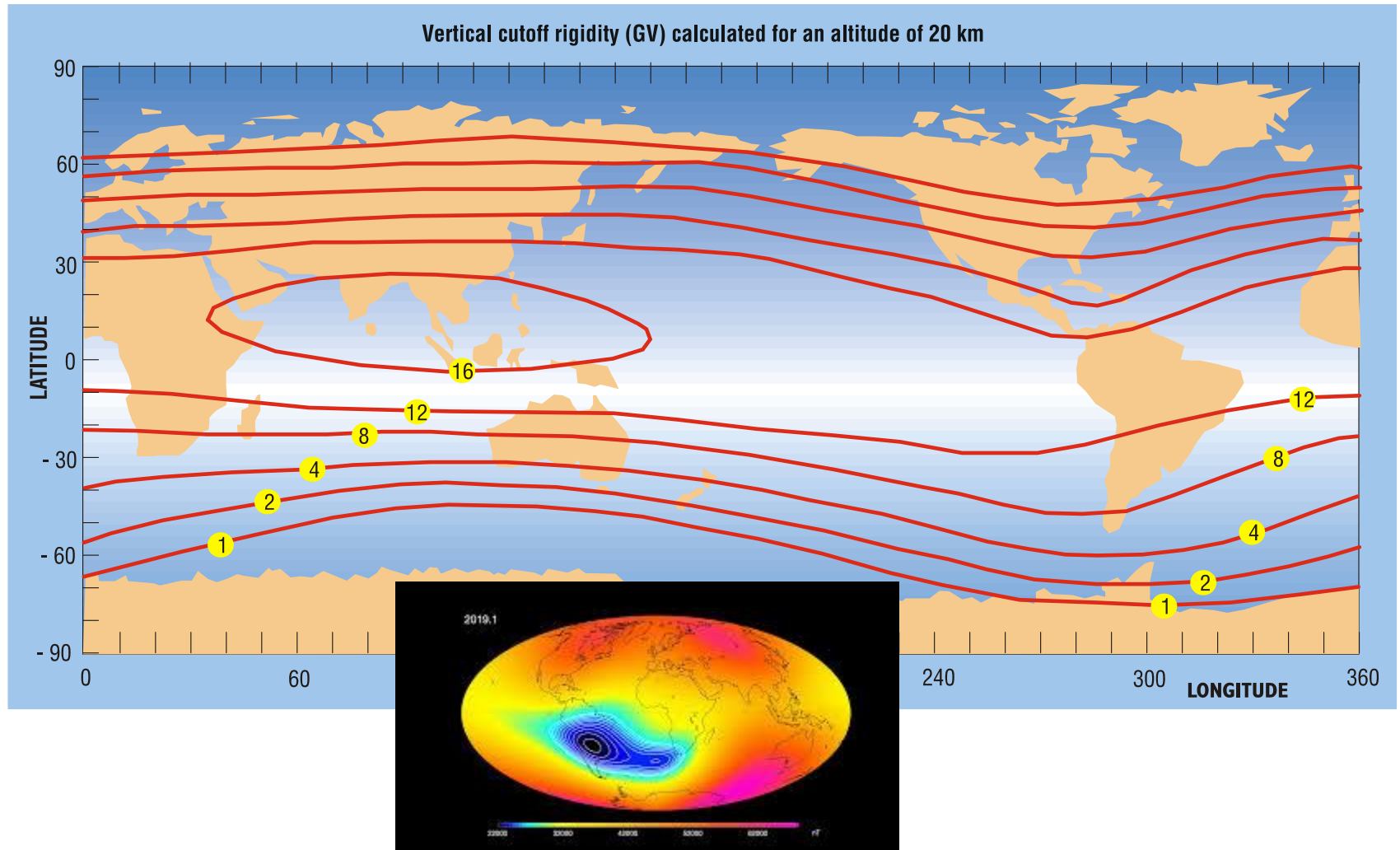


Modulation du flux de rayon cosmique dans l'espace proche de la terre calculé à partir de mesure de moniteur de neutron sur terre et des données satellite.

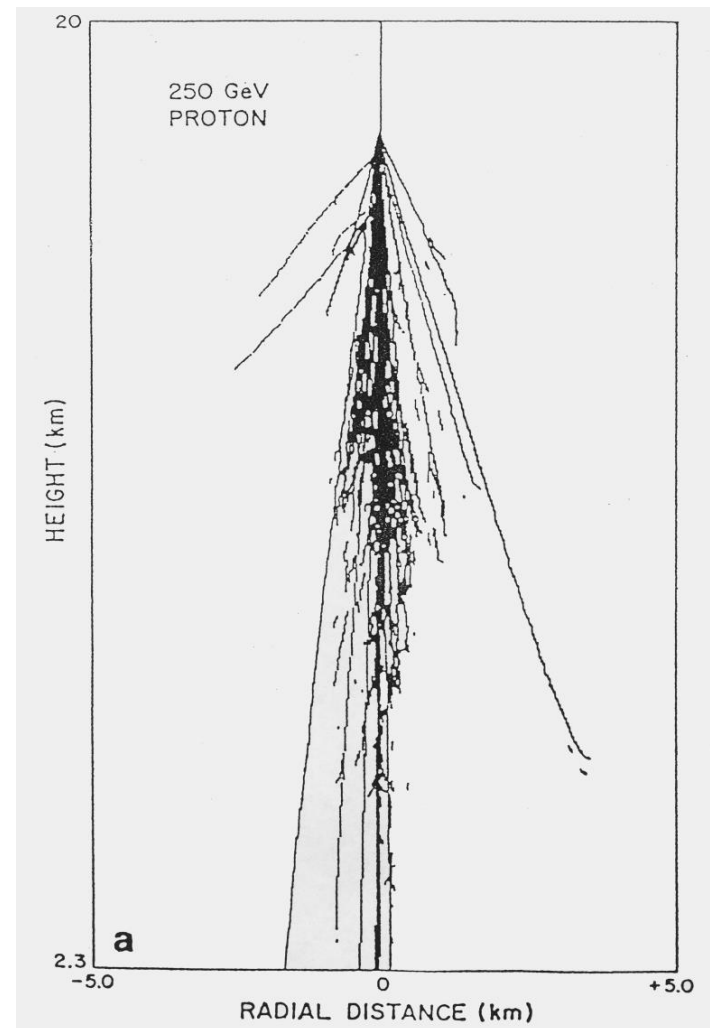
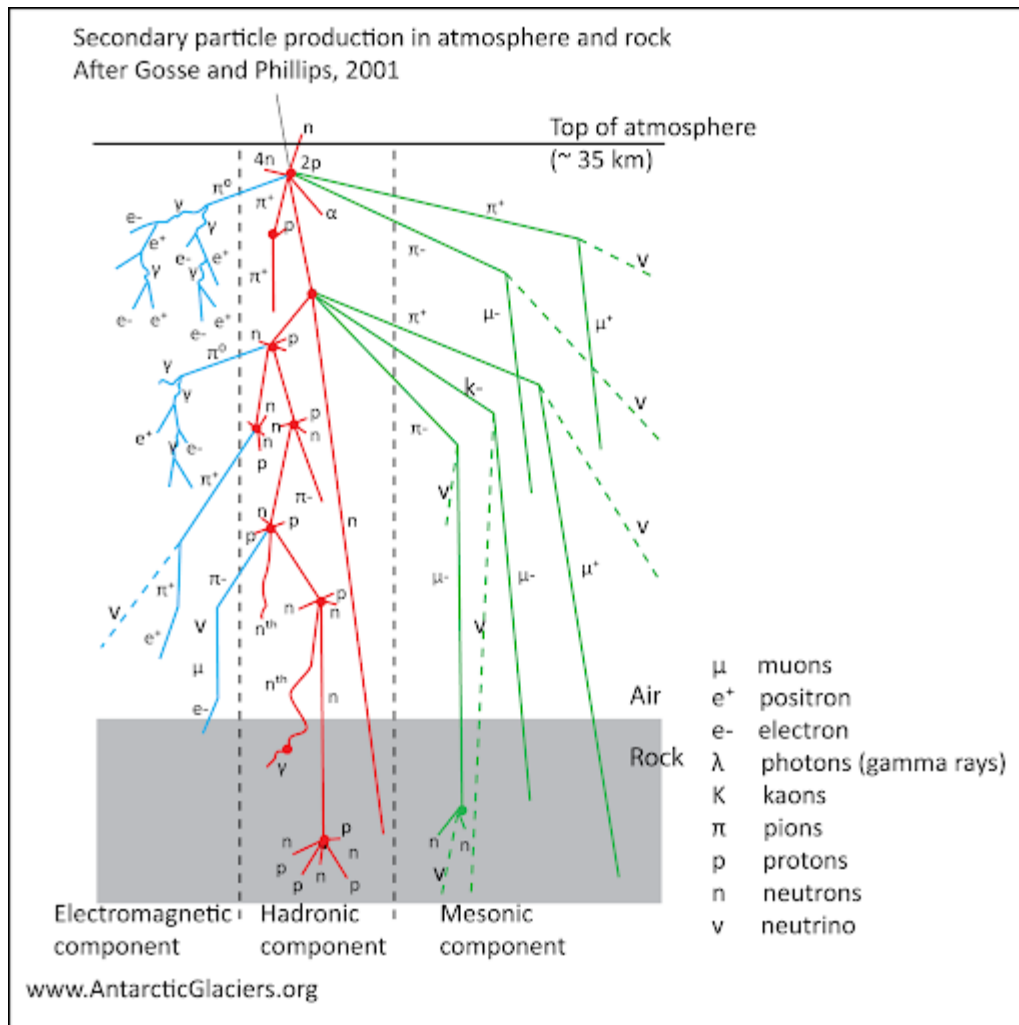
# Le champ magnétique terrestre



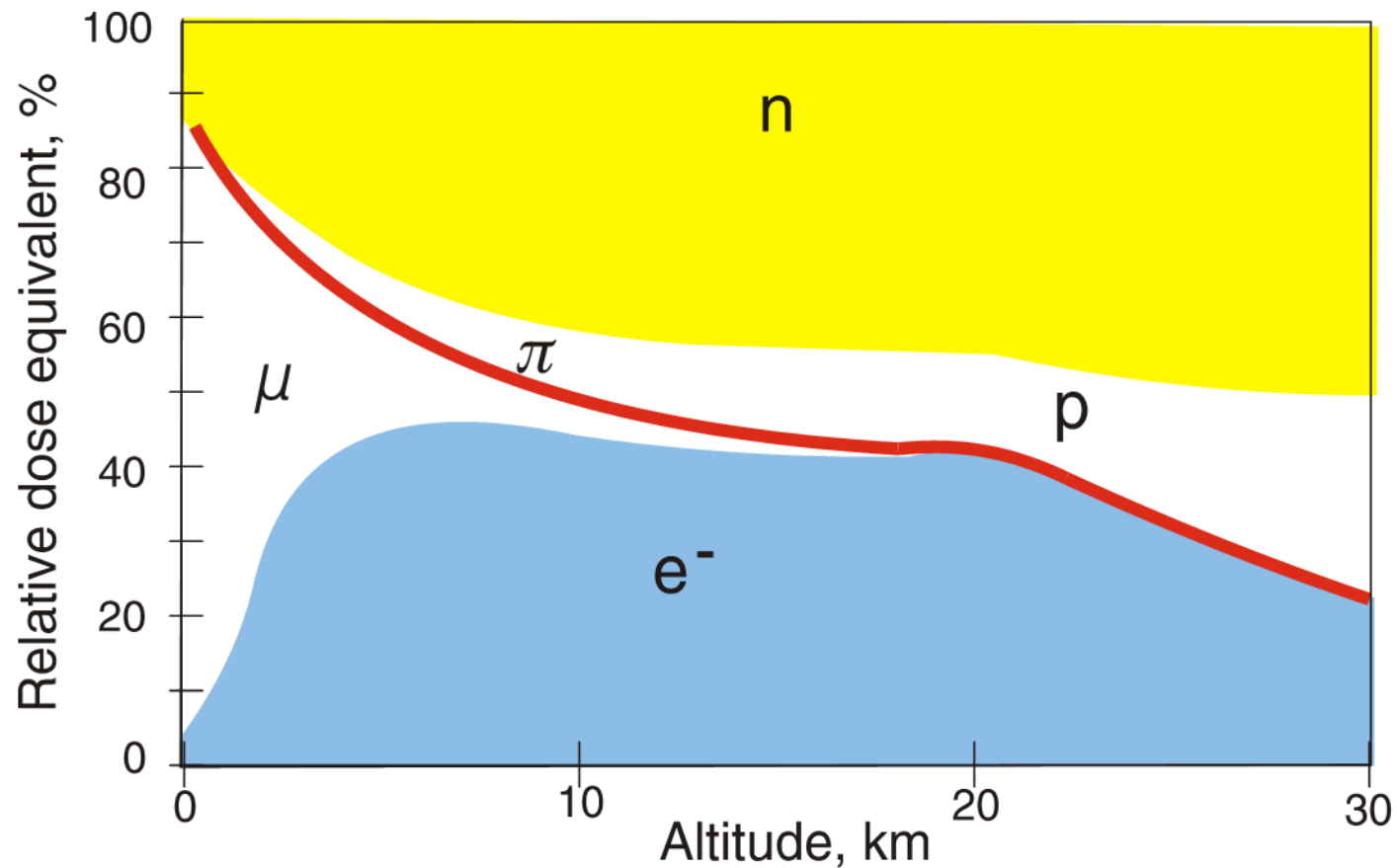
# Vertical cutoff rigidity



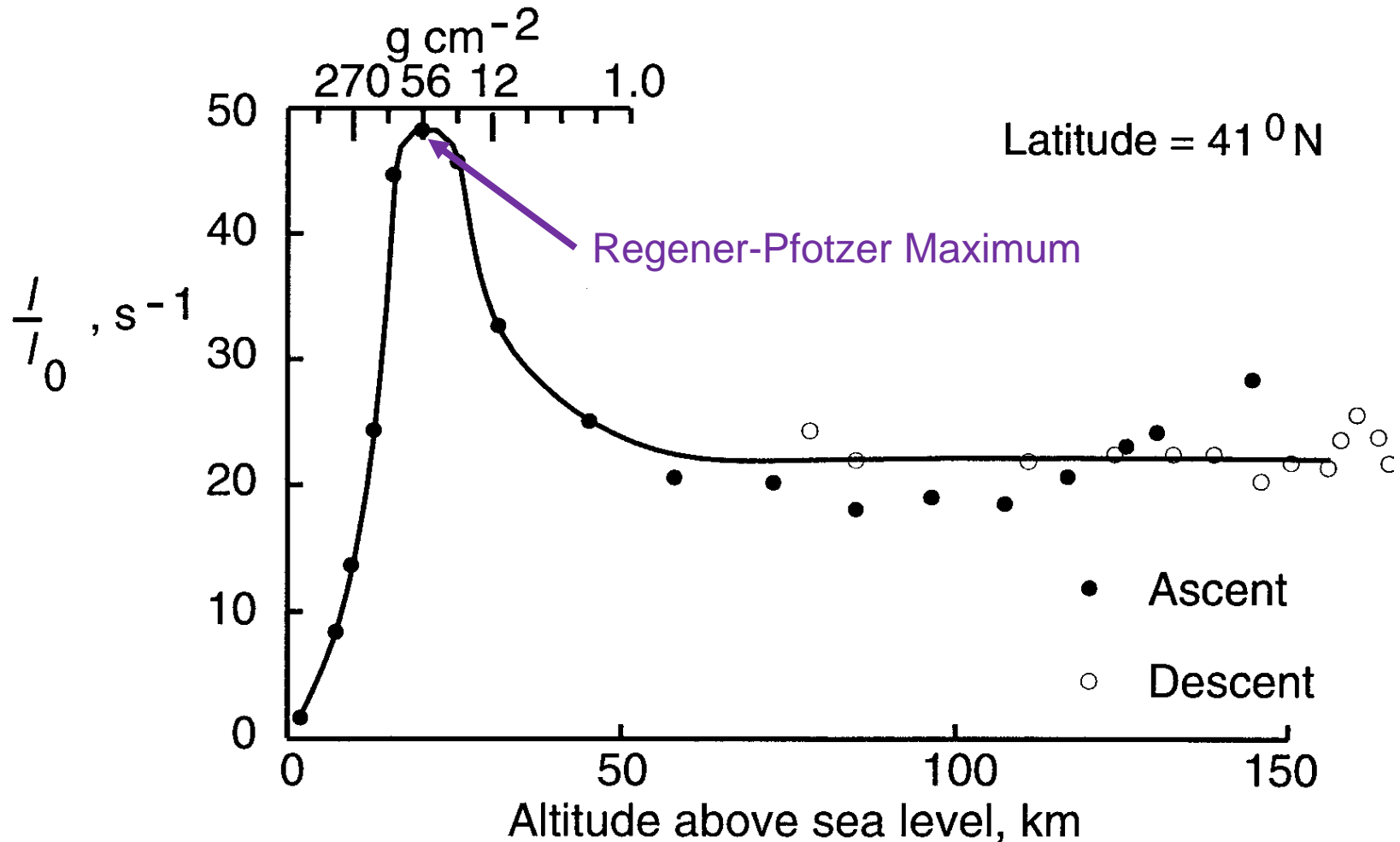
# Interaction dans l'atmosphère



# Composition du RC secondaire

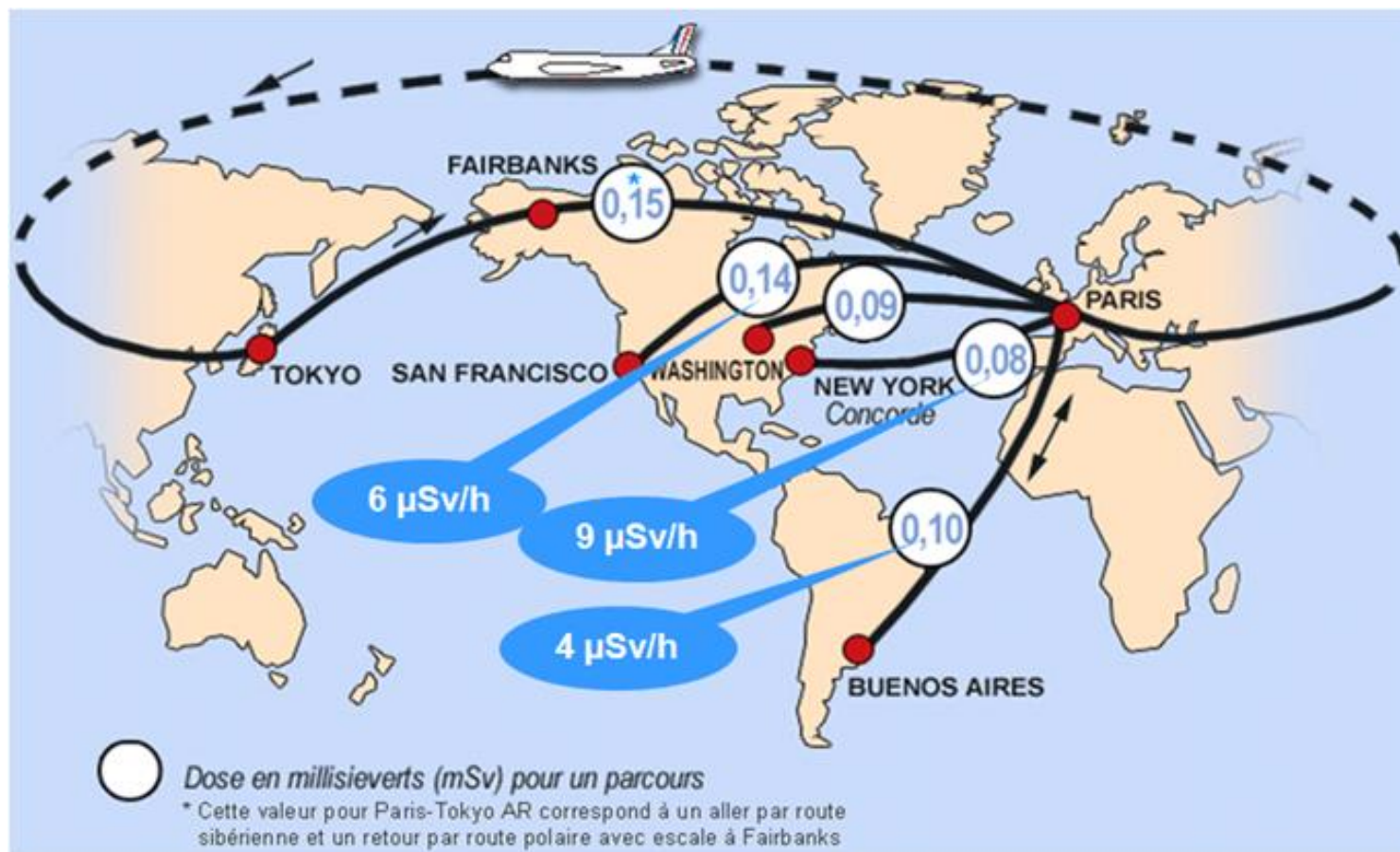


# Effet de l'altitude





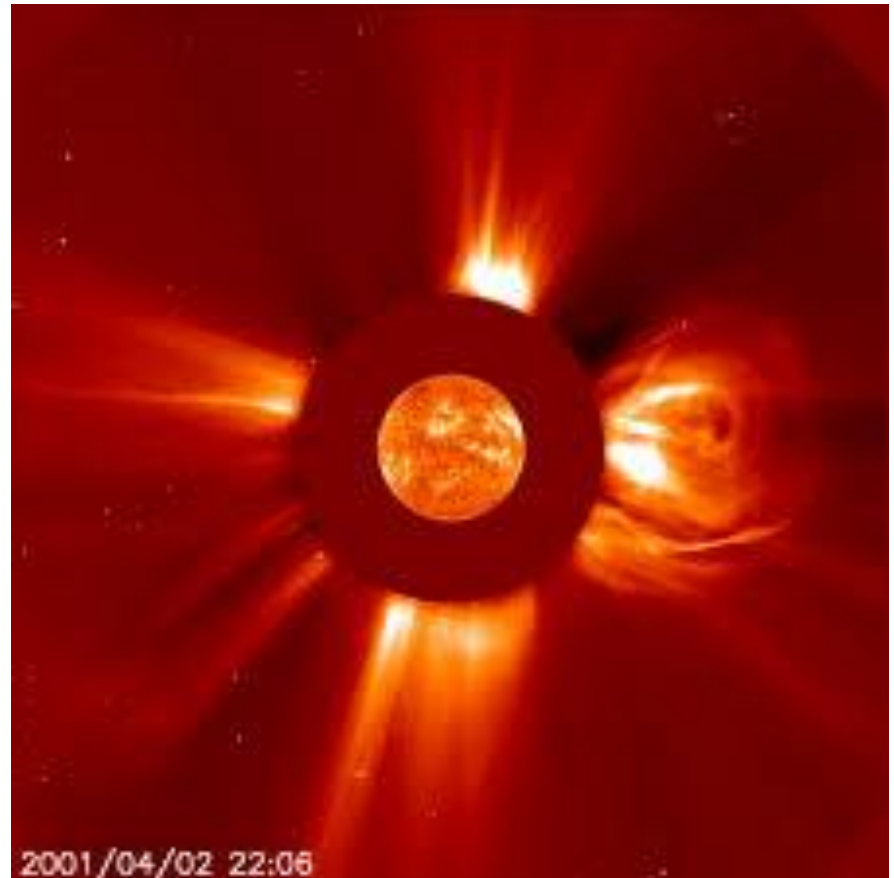
# Exposure at flight level



# Tempête solaire



**Solar corona and sudden release of a huge clouds of particles**

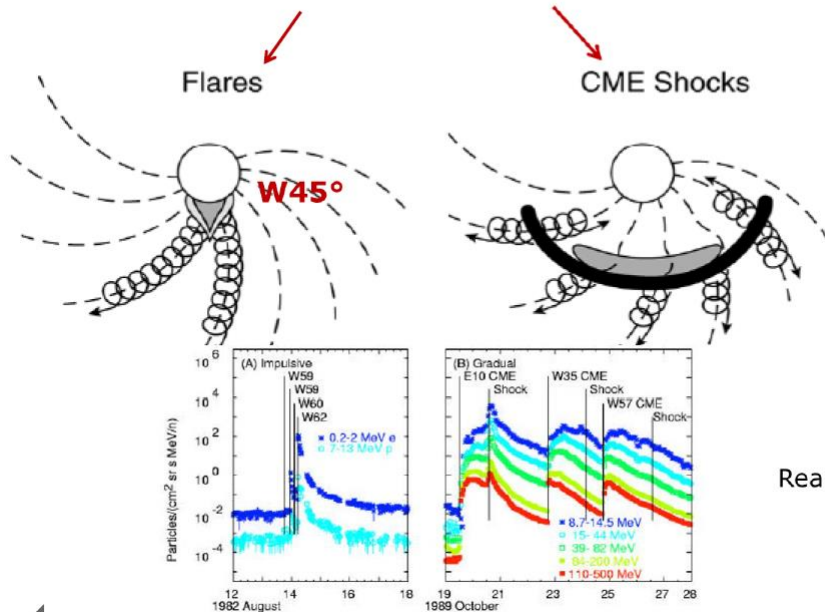


<https://www.youtube.com/watch?v=oHHSSJDJ4oo&list=RDCMUCsXVk37bltHxD1rDPwtNM8Q&index=1>



# Solar Events

- 2 classes of SEPS: **impulsive** vs. **gradual**



Reames (2002)

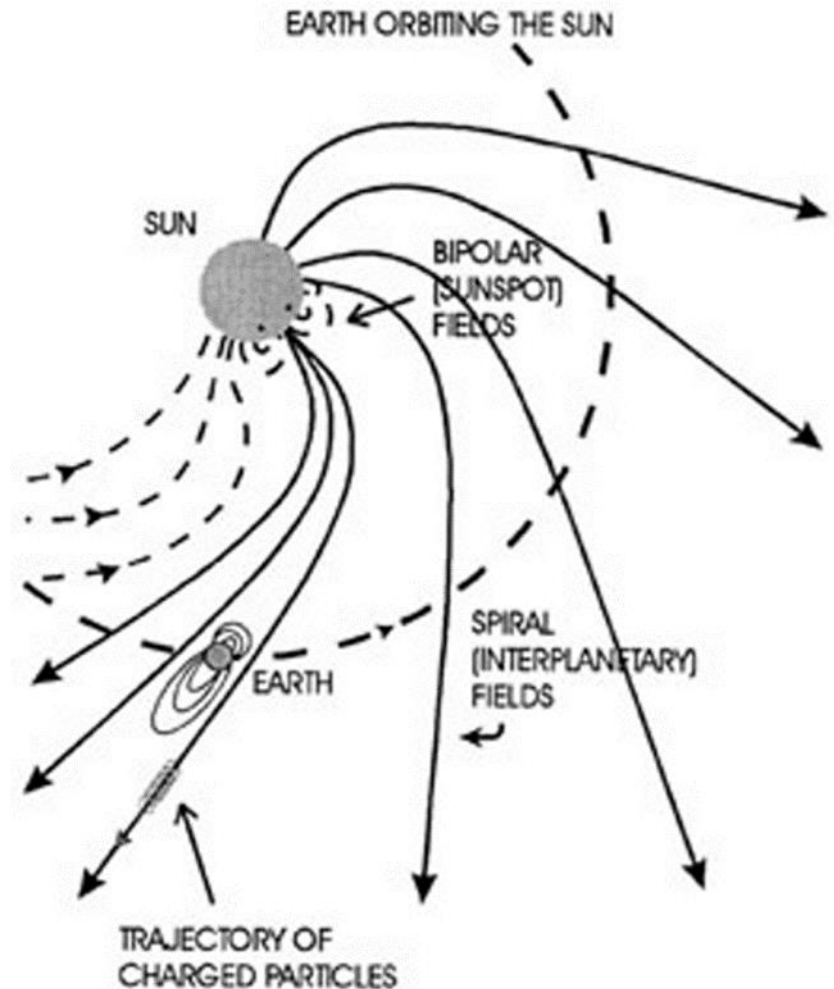
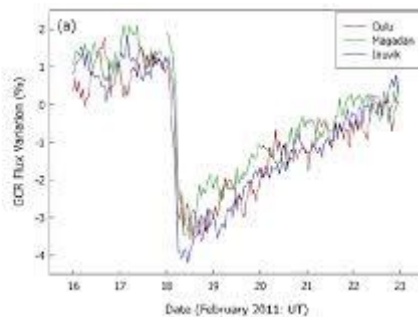


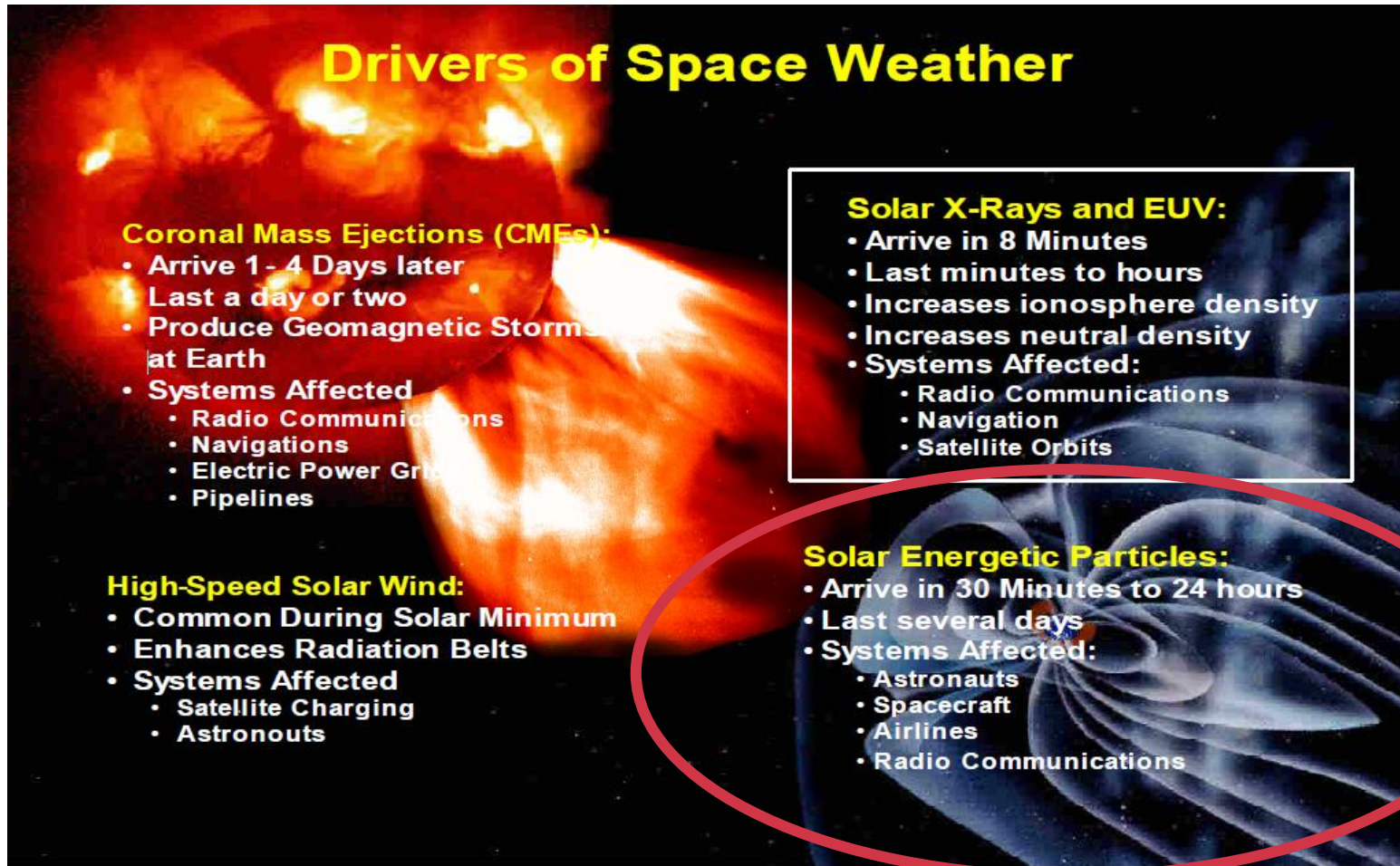
Figure 5. Time variations of GCR flux of an FD event on 18 February 2011 at the Oulu, Magadan, and Inuvik NM stations in (a) UT and (b) LT.

Forbush decrease after a CME



<https://www.nasaspaceflight.com/2020/08/carrington-event-warning/>

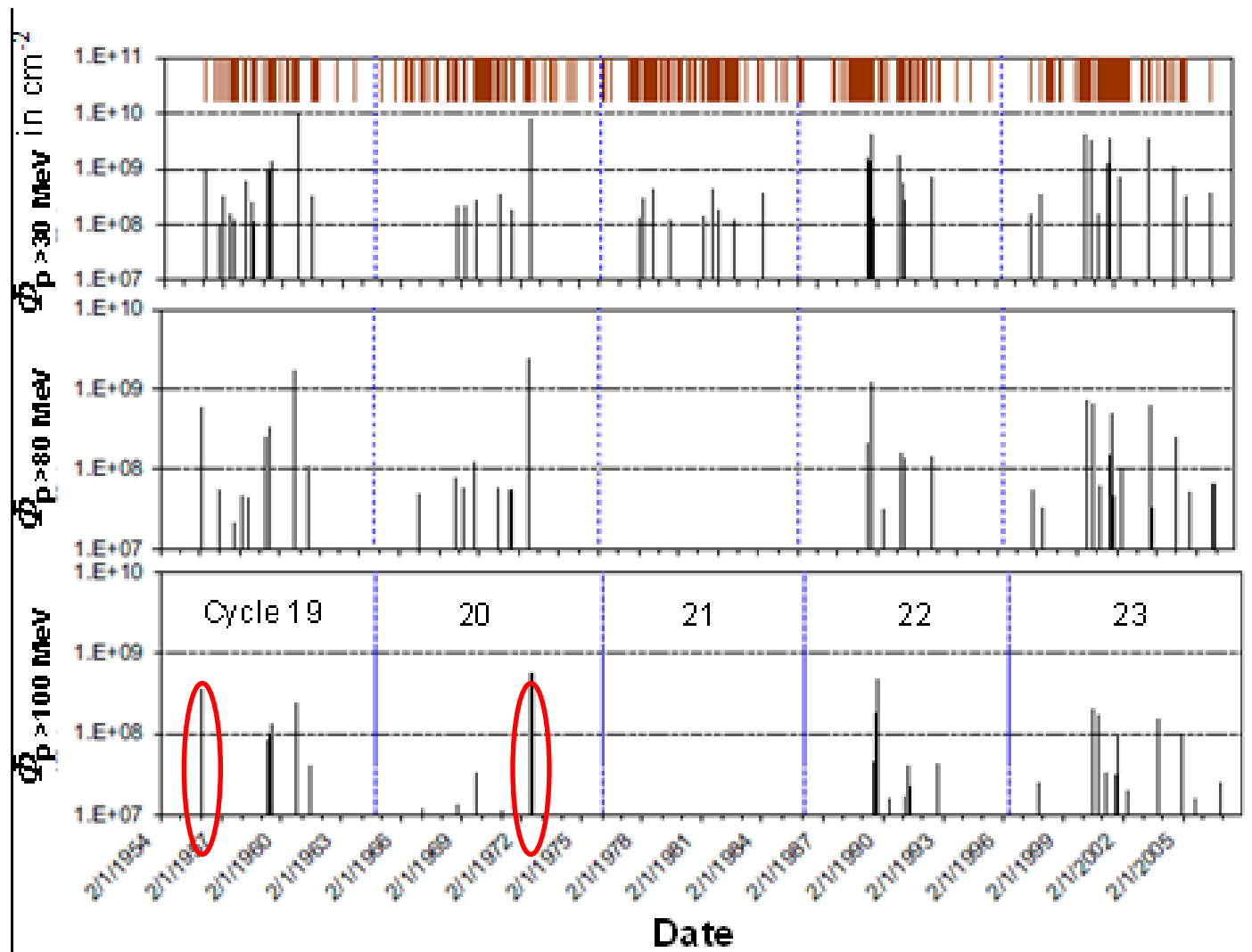
# Space weather impact



## Drivers of Space Weather

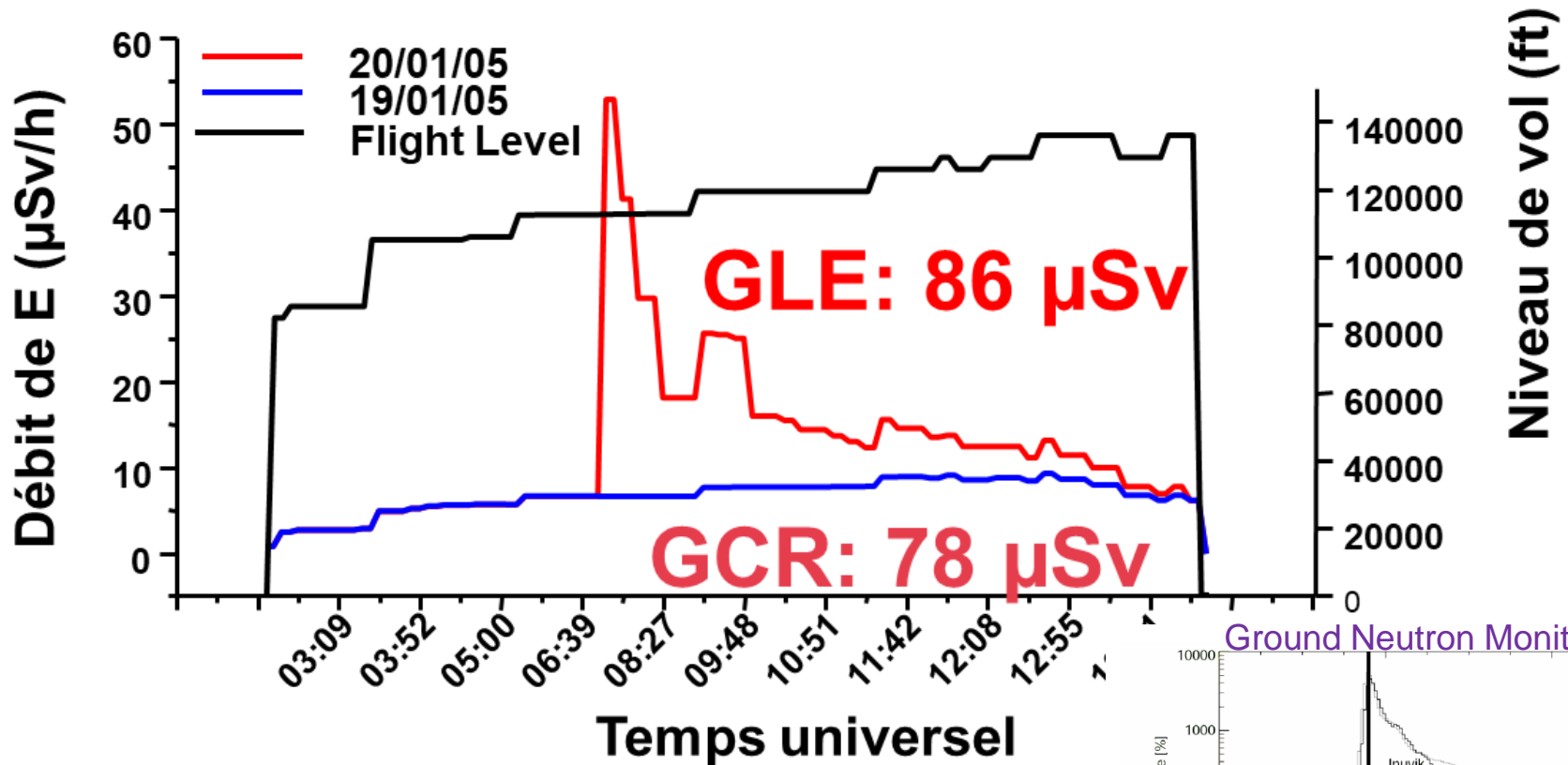
- Coronal Mass Ejections (CMEs):**
  - Arrive 1- 4 Days later
  - Last a day or two
  - Produce Geomagnetic Storms at Earth
  - Systems Affected
    - Radio Communications
    - Navigations
    - Electric Power Grid
    - Pipelines
- High-Speed Solar Wind:**
  - Common During Solar Minimum
  - Enhances Radiation Belts
  - Systems Affected
    - Satellite Charging
    - Astronauts
- Solar X-Rays and EUV:**
  - Arrive in 8 Minutes
  - Last minutes to hours
  - Increases ionosphere density
  - Increases neutral density
  - Systems Affected:
    - Radio Communications
    - Navigation
    - Satellite Orbits
- Solar Energetic Particles:**
  - Arrive in 30 Minutes to 24 hours
  - Last several days
  - Systems Affected:
    - Astronauts
    - Spacecraft
    - Airlines
    - Radio Communications

# Historique des événements solaires

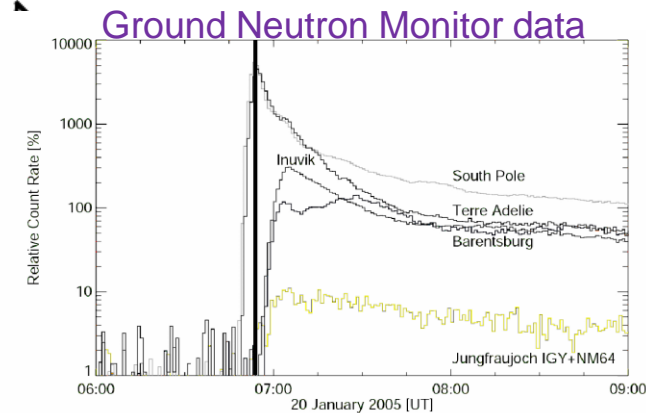


Mega flare in 1859: the Carrington event

# Effet d'un GLE



GLE: Ground Level Event



# Historique de la radioprotection des personnels navigants (PN)

## Directive 96/29 Euratom

*Article 42*

### Protection du personnel navigant

Chaque État membre prend les dispositions nécessaires pour que les entreprises exploitant des avions prennent en compte l'exposition au rayonnement cosmique du personnel navigant susceptible de subir une exposition supérieure à 1 mSv par an. Les entreprises prennent les mesures appropriées, afin notamment:

- d'évaluer l'exposition du personnel concerné,
- de tenir compte de l'exposition évaluée pour l'organisation des programmes de travail, en vue de réduire les doses du personnel navigant fortement exposé,
- d'informer les travailleurs concernés des risques pour la santé que leur travail comporte,
- d'appliquer l'article 10 au personnel navigant féminin.

# Suivi dosimétrique des PN

- Exposition estimée par calcul (E)
- Pour la composante galactique et événements solaires
- Les codes ont été validés par rapport à des mesures en vol
- En France, les doses sont évalués mensuellement sur la base des trajets réels (outil Sievert)
- Prédiction des doses sur 18 mois



The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.sievert-system.org/?locale=en#Calcul>. The page features the IRSN logo (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) and the Sievert PN logo. The main heading is "Calculate the dose received". The form is divided into two sections: "DEPARTURE" and "ARRIVAL".

**DEPARTURE:**

- Country: Select a country (dropdown menu)
- City: No country select (dropdown menu)
- Date: 09/01/2020 (text input)
- Time: 00:00:00 (time input)

**ARRIVAL:**

- Country: Select a country (dropdown menu)
- City: No country select (dropdown menu)
- Date: 09/01/2020 (text input)
- Time: 00:00:00 (time input)

Type of aircraft: Subsonique (dropdown menu)

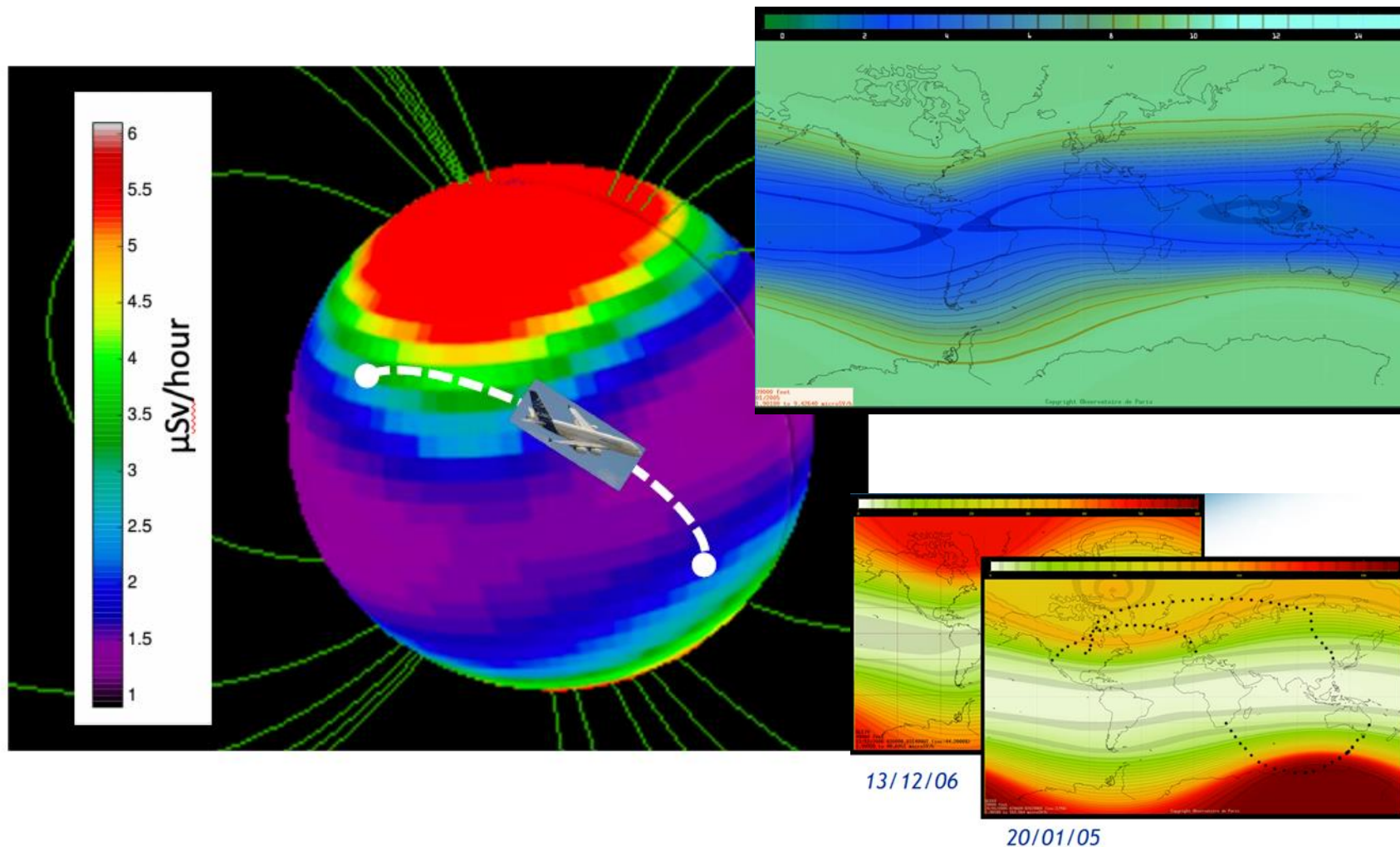
Calculate the cosmic radiation dose received during this flight vol

\*Subject to local regulation modifications, the flight dates and times include time difference and, if necessary daylight saving time. Check the flight time.\*

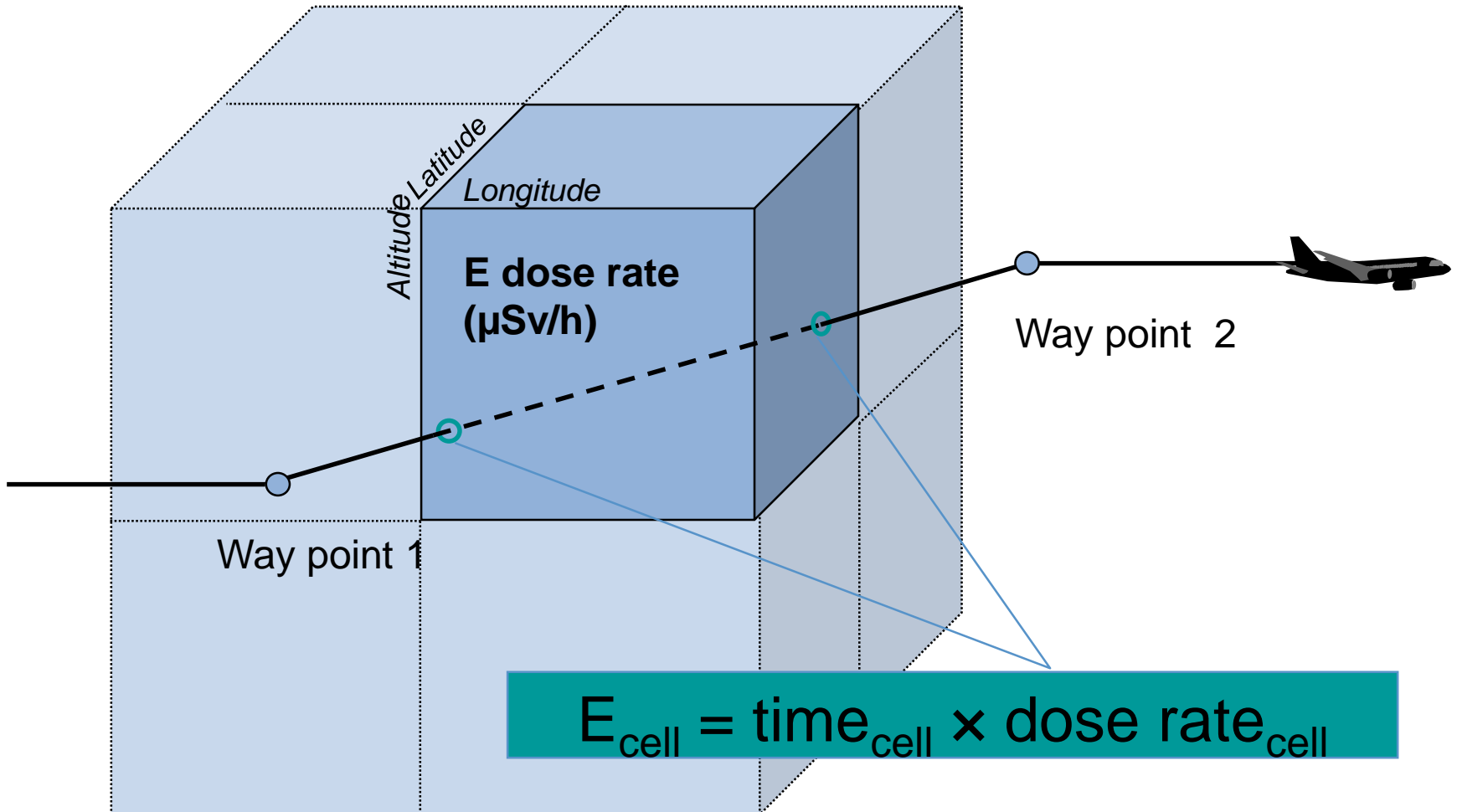
Version : 2.4.5 | [Legal information](#) | [Glossary](#) | [Sitemap](#) | [Contact](#)



# Cartographie des débits de dose

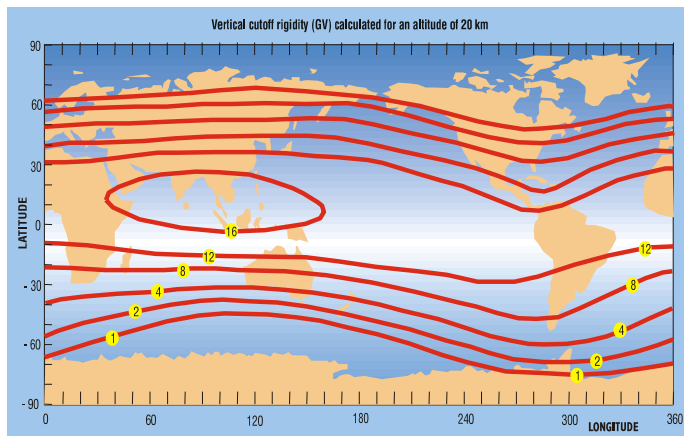
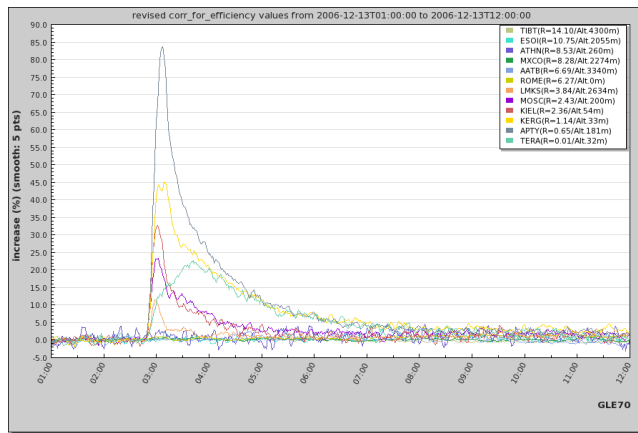
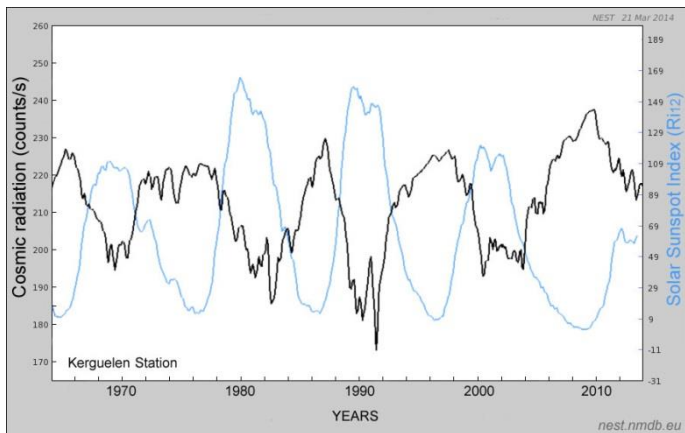


# Principes des codes

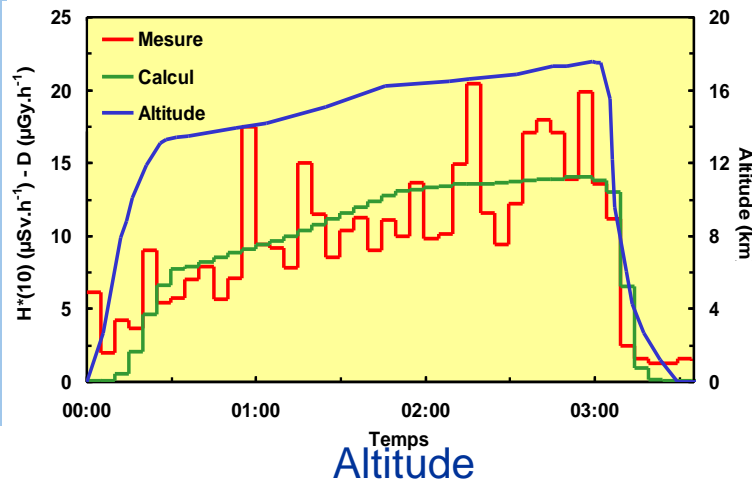




# Paramètres pris en compte



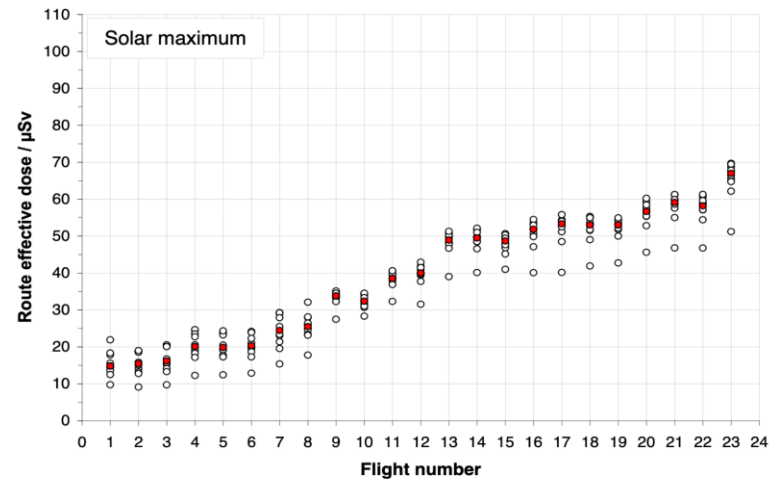
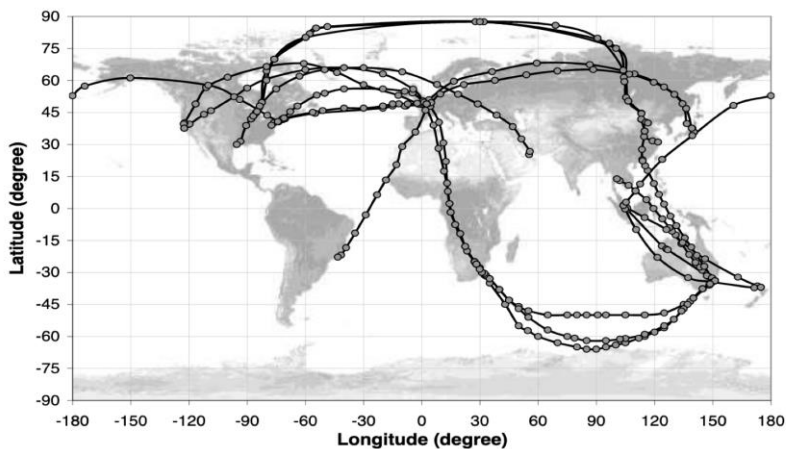
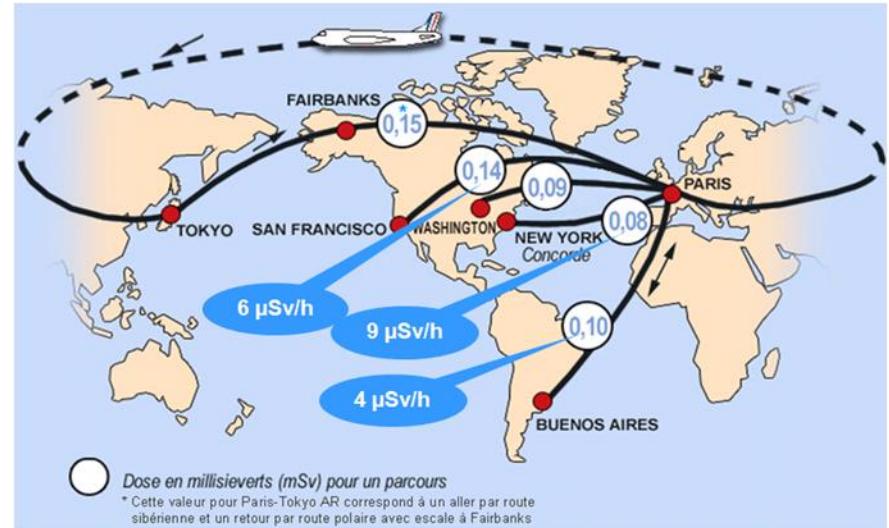
Latitude (cutoff rigidity)



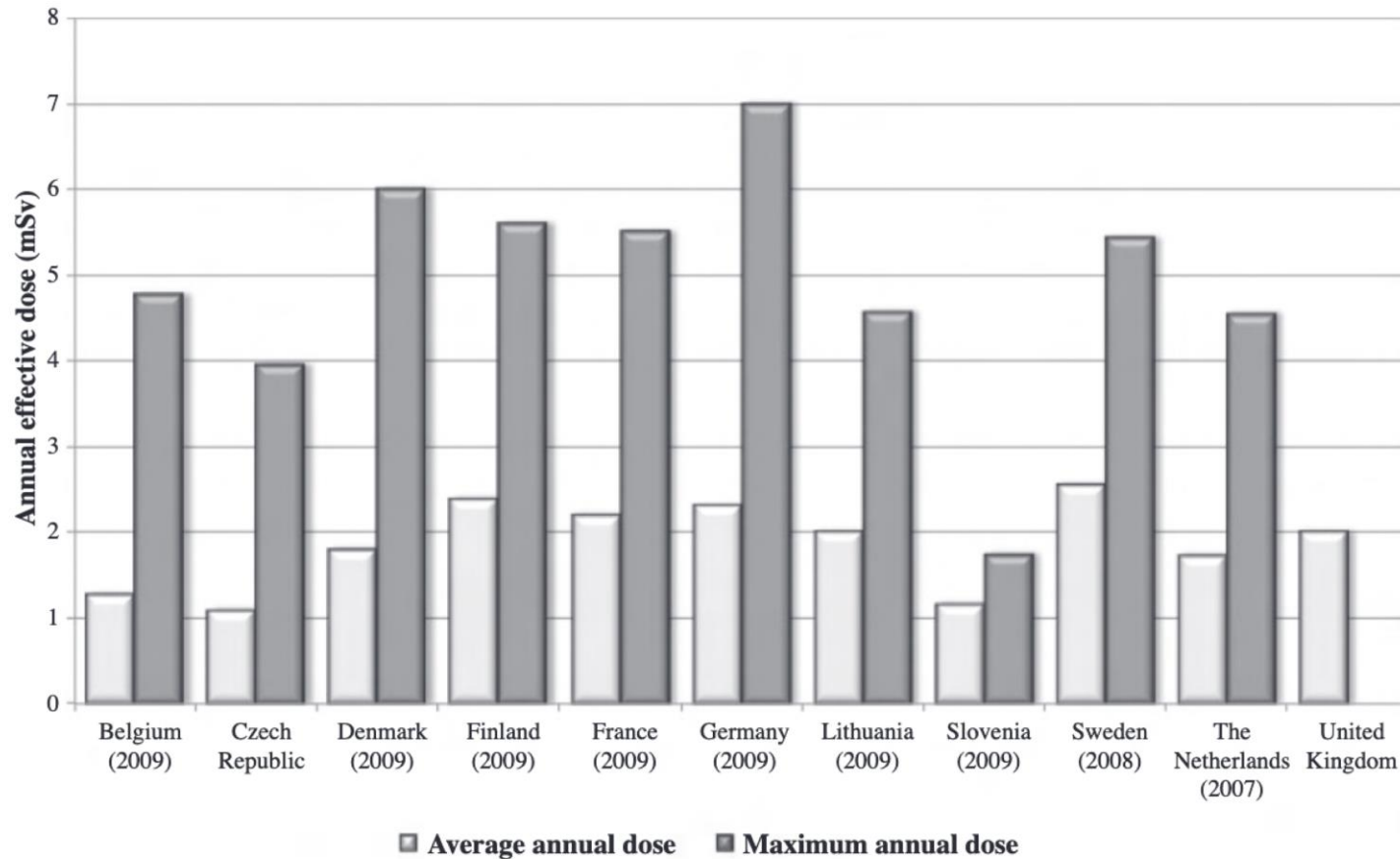
# Intercomparaison de codes (Eurados)

Flight on 15 March 2013	Dose efficace [ $\mu\text{Sv}$ ]
Paris-New York	60
Colombo-Jakarta	9.7
Beijing-Chicago	82

Source ICRP Publication 132 , code Sievert



# Bilan dosimétrique



# Bilan dosimétrique (2015-2020)

Année	Effectif cumulé suivi <sup>(a)</sup>	Dose collective (homme.Sv)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose						
				< seuil(*)	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
2015	19 612	38,8	1,98	157	3 180	16 725	0	0	0	0
2016	20 671	41,9	2,02	174	3 650	16 843	4	0	0	0
2017	22 422	47,1	2,10	476	3 768	18 153	25	0	0	0
2018	23 356	49,6	2,08	320	4 248	18 736	52	0	0	0
2019	23 669	53,5	2,19	240	3 829	19 504	96	0	0	0
2020	21 949	22,4	1,01	519	11 457	9 973	0	0	0	0

Passage en 2021 au coefficients de calcul de E de la CIPR 103: baisse de 15 à 20%

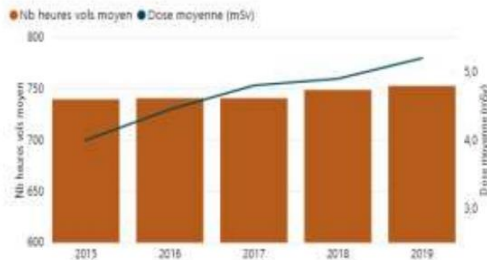


# Bilan dosimétrique (2015-2020)

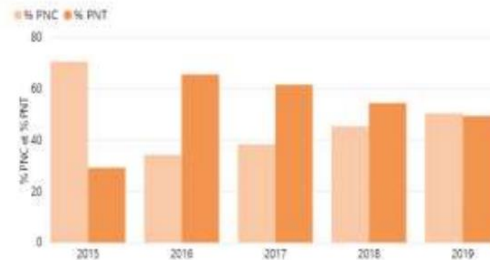
Sur la période 2015-2020, il convient de noter :

- le nombre total de PN suivis est en progression régulière depuis 2015 (augmentation de 21 % entre 2015 et 2019), suivi d'une légère diminution en 2020 (-7 % entre 2019 et 2020) ;
- la dose collective a augmenté de 38 % entre 2015 et 2019, pour atteindre 53,5 H.Sv en 2019. En 2020, elle a diminué de 58 % par rapport à 2019, du fait de la situation sanitaire liée à la COVID-19 ;

- la dose individuelle moyenne est en constante progression depuis 2015 (1,98 mSv en 2015 *versus* 2,19 mSv en 2019), mais diminue en 2020 (1,01 mSv) du fait également de la diminution du nombre de vols liée à la situation sanitaire ;
- la dose individuelle la plus forte enregistrée sur la période 2015-2020 pour ces travailleurs s'élève à 6,2 mSv (en 2019) (Cf. Focus page 115);
- aucun personnel navigant n'a reçu une dose supérieure à 5 mSv en 2020.



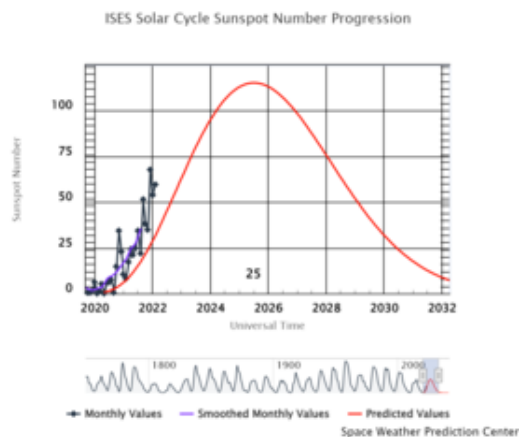
Doses individuelles moyennes (en mSv) du personnel navigant (courbe) en fonction du nombre d'heures de vols moyen (barres d'histogramme) pour les 100 personnels navigants les plus exposés chaque année sur la période 2015 à 2019



Répartition (%) des 100 personnels navigants les plus exposés chaque année en fonction de leur type (PNC ou PNT) sur la période 2015 à 2019

# Conclusion

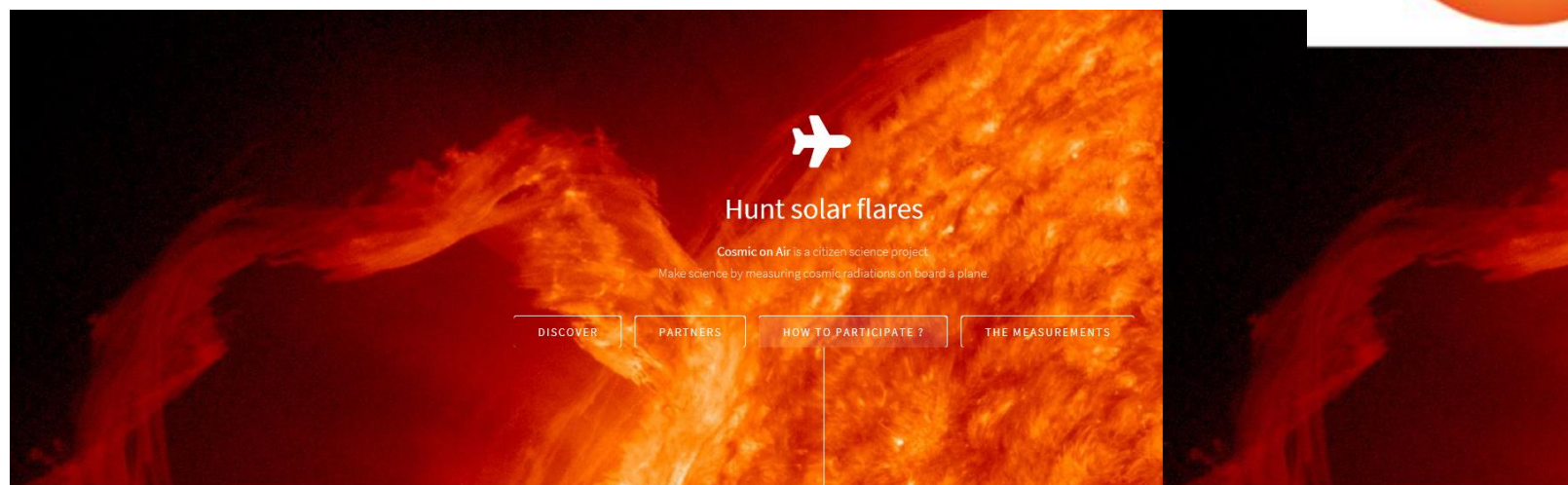
- Système de suivi performant
- Calcul en E, pas d'effet de seuil
- Prise en compte évènements solaires
- Gestion prévisionnelle possible
- Baisse des doses attendues (CIPR 103, cycle solaire, baisse du trafic, arrêt de l'A380 (mai 2020))





# Chassez les éruptions solaires

## ➤ Projet de science participative



### The Cosmic on Air project

The Cosmic on Air project is a citizen science project which aims to collect measurements of dose rate carried out on board airplane by the public to organize and make them available to the scientific community, in particular those which could be carried out during solar flares. These phenomena can significantly increase dose rates at flight altitudes. Eruptions are sporadic phenomena and those with a significant effect are rare. Very few measurements made on board aircraft are available, which limits the understanding of these phenomena in the atmosphere.

[Understand more](#)



[www.cosmic-on-air.com](http://www.cosmic-on-air.com)