NORME INTERNATIONALE

ISO 20785-3

Première édition
2015-11-15

Dosimétrie pour les expositions au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil —

Partie 3: Mesurages à bord d'avions

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 3: Measurements at aviation altitudes

Numéro de référence
ISO 20785-3:2015(F)

© ISO 2015



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **iv**

Introduction ..... **v**

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Termes et définitions **1**
3.1 Grandeurs et unités 1
3.2 Champ de rayonnement atmosphérique 4

4 Considérations générales **6**
4.1 Description générale du champ de rayonnement cosmique dans l'atmosphère 6
4.2 Considérations générales relatives au mesurage 8
4.2.1 Généralités 8
4.2.2 Choix des instruments appropriés 8
4.2.3 Caractérisation des réponses des instruments 8
4.2.4 Mesurages à bord d'un avion 9
4.2.5 Application de facteurs de correction appropriés 9
4.3 Exigences de sécurité et exigences réglementaires pour les mesurages en vol 9

5 Mesurages aux altitudes de vol **10**
5.1 Paramètres déterminant le débit de dose 10
5.1.1 Altitude barométrique 10
5.1.2 Coordonnées géographiques 10
5.1.3 Activité solaire 10
5.2 Grandeurs d'influence éventuelles 10
5.2.1 Généralités 10
5.2.2 Pression de l'air dans la cabine 10
5.2.3 Température de l'air dans la cabine 11
5.2.4 Humidité de l'air dans la cabine 11
5.3 Considérations particulières pour les instruments actifs 11
5.3.1 Alimentation 11
5.3.2 Vibrations et chocs 11
5.3.3 Perturbations électromagnétiques provenant de l'avion 11
5.4 Considérations particulières pour les mesures passives 11
5.4.1 Contrôle de sécurité aux rayons X 11
5.4.2 Soustraction du bruit de fond 12

6 Incertitudes **12**

Annexe A (informative) **Distributions en énergie représentatives de la fluence de particules pour le champ de rayonnement cosmique à des altitudes de vol d'avion dans les conditions de période d'activité solaire minimale et maximale et pour la rigidité de coupure verticale minimale et maximale** **13**

Bibliographie **17**

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires, et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

L'ISO 20785 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Dosimétrie pour les expositions au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil*:

— *Partie 1: Fondement théorique des mesurages*

— *Partie 2: Caractérisation de la réponse des instruments*

— *Partie 3: Mesurages à bord d'avions*

 © ISO 2015 – Tous droits réservés

Introduction

Le personnel navigant est exposé à des niveaux élevés de rayonnement cosmique d'origine galactique et solaire, ainsi qu'au rayonnement secondaire produit dans l'atmosphère, dans la structure de l'avion et son contenu. Suivant les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique dans la Publication 60[1], confirmées par la Publication 103[2], l'Union européenne (UE) a établi la révision d'une Directive relative aux normes de sécurité de base[3], classant parmi les expositions professionnelles le cas de l'exposition aux sources naturelles de rayonnement ionisant, y compris le rayonnement cosmique. Cette Directive requiert de prendre en compte l'exposition du personnel navigant susceptible de recevoir plus de 1 mSv par an. Elle identifie ensuite les quatre mesures de protection suivantes: (i) évaluation de l'exposition du personnel concerné; (ii) prise en compte de l'exposition évaluée lors de l'organisation des programmes de travail, en vue de réduire les doses du personnel navigant fortement exposé; (iii) information aux travailleurs concernés sur les risques pour la santé que leur travail implique; et (iv) application des mêmes règles de protection spécifiques en cas de grossesse pour le personnel navigant féminin, eu égard à «l'enfant à naître», que pour tout autre travailleur exposé de sexe féminin. La Directive du Conseil de l'UE doit être intégrée aux lois et réglementations des États membres de l'UE ainsi que dans les normes et les modes opératoires de sécurité de l'aviation, des autorités communes de l'aviation (Joint Aviation Authorities) et de l'Agence européenne pour la sécurité aérienne (European Air Safety Agency). D'autres pays tels que le Canada et le Japon ont émis des règles ou des recommandations à l'attention de leurs compagnies aériennes pour gérer la question de l'exposition du personnel navigant.

Les grandeurs de protection concernées, dans un cadre réglementaire et législatif, sont la dose équivalente (au fœtus) et la dose efficace. L'exposition de l'organisme au rayonnement cosmique est globalement uniforme et l'abdomen maternel ne fournit aucune protection particulière au fœtus. Ainsi, la dose équivalente au fœtus peut être considérée comme égale à la dose efficace reçue par la mère. Les doses liées à l'exposition à bord des avions sont généralement prévisibles, et des événements comparables à des expositions non prévues à d'autres postes de travail sous rayonnement ne peuvent pas habituellement se produire (à l'exception rare des éruptions solaires extrêmement intenses produisant des particules solaires très énergétiques). Le recours à des dosimètres individuels pour un usage de routine n'est pas considéré comme nécessaire. L'approche préférentielle pour l'évaluation des doses reçues par le personnel navigant, si nécessaire, consiste à calculer directement le débit de dose efficace, en fonction des coordonnées géographiques, de l'altitude et de la phase du cycle solaire, et à combiner ces valeurs avec les informations concernant le vol et le tableau de service du personnel, afin d'obtenir des estimations des doses efficaces pour les individus. Cette approche est recommandée par une directive de la Commission européenne, la CIPR, dans la Publication 75[4] et l'ICRU, dans le Rapport 84[5].

Le rôle des calculs dans ce mode opératoire est unique par rapport aux méthodes d'évaluation habituellement utilisées en radioprotection et il est largement admis qu'il convient de valider les doses calculées par mesurage. La dose efficace n'est pas directement mesurable. La grandeur opérationnelle utilisée est l'équivalent de dose ambiant, $H^*(10)$. En effet, tel que cela est mentionné notamment dans le Rapport 84 de l'ICRU, l'équivalent de dose ambiant est considéré comme un estimateur conservateur de la dose efficace si l'on considère que l'irradiation est isotrope, ou isotrope de l'hémisphère supérieur. Afin de valider les doses évaluées en termes de dose efficace, il est possible de calculer les débits d'équivalent de dose ambiant ou les doses pendant le vol, en termes d'équivalent de dose ambiant, ainsi que les valeurs de cette grandeur déterminées par des mesurages traçables à des étalons nationaux. La validation des calculs de l'équivalent de dose ambiant par une méthode de calcul particulière peut être considérée comme la validation du calcul de la dose efficace par le même code de calcul, mais cette étape du processus d'évaluation peut nécessiter d'être confirmée. La variante consiste à établir, *a priori*, que l'équivalent de dose ambiant constitue un bon estimateur de la dose efficace et de la dose équivalente destinée au fœtus pour les champs de rayonnements considérés, de la même façon que l'utilisation de l'équivalent de dose individuel est justifiée pour l'estimation de la dose efficace des travailleurs sous rayonnement. Le débit d'équivalent de dose ambiant en fonction des coordonnées géographiques, de l'altitude et de la phase du cycle solaire, est ensuite calculé et combiné aux informations concernant le vol et le tableau de service du personnel.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Le champ de rayonnement auquel est soumis un avion aux altitudes de vol est complexe, avec la présence de nombreux types de rayonnements ionisants dont les énergies peuvent atteindre plusieurs milliers de GeV. Il est difficile de déterminer l'équivalent de dose ambiant pour un champ de rayonnement si complexe. Dans de nombreux cas, les méthodes employées pour déterminer l'équivalent de dose ambiant à bord d'un avion sont semblables à celles utilisées auprès d'accélérateurs haute énergie dans les laboratoires de recherche. Des méthodes dosimétriques et des méthodes d'étalonnage des dispositifs dosimétriques peuvent par conséquent être recommandées, ainsi que les techniques permettant de conserver la traçabilité des mesurages dosimétriques à des étalons nationaux. Les mesurages dosimétriques effectués pour évaluer l'équivalent de dose ambiant doivent être réalisés à l'aide de méthodes précises et fiables qui assurent la qualité des relevés fournis aux travailleurs et aux autorités de réglementation. La présente partie de l'ISO 20785 décrit les modes opératoires permettant de caractériser la réponse des instruments pour la détermination de l'équivalent de dose ambiant à bord d'un avion.

Les exigences relatives à la détermination et à l'enregistrement de l'exposition au rayonnement cosmique du personnel navigant font partie intégrante de la législation nationale des États membres de l'UE et des autres pays. Il est souhaitable d'harmoniser les méthodes permettant de déterminer l'équivalent de dose ambiant et d'étalonner les instruments utilisés afin de garantir la compatibilité des mesurages effectués avec de tels instruments.

La présente partie de l'ISO 20785 est destinée à être utilisée par les laboratoires d'étalonnages primaire et secondaire dans le domaine des rayonnements ionisants, par le personnel des services de radioprotection employé par les organismes publics et par les entreprises industrielles, intéressées par la détermination de l'équivalent de dose ambiant du personnel navigant.

 © ISO 2015 – Tous droits réservés

Dosimétrie pour les expositions au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil —

Partie 3:
Mesurages à bord d'avions

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 20785 donne les principes de base permettant de mesurer l'équivalent de dose ambiant aux altitudes de vol pour l'évaluation de l'exposition au rayonnement cosmique à bord d'un avion.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO/IEC Guide 98-1, *Incertitude de mesure — Partie 1: Introduction à l'expression de l'incertitude de mesure*

ISO/IEC Guide 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

ISO 20785-1, *Dosimétrie pour l'exposition au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil — Partie 1: Fondement théorique des mesurages*

ISO 20785-2, *Dosimétrie de l'exposition au rayonnement cosmique dans l'aviation civile — Partie 2: Caractérisation de la réponse des instruments*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Grandeurs et unités

3.1.1
fluence de particules
fluence
Φ
à un point donné dans l'espace, nombre dN de particules incidentes sur un petit domaine sphérique divisé par la section da de ce domaine

$$\Phi = \frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}a}$$

Note 1 à l'article: L'unité de la fluence est le m^{-2}, le cm^{-2} constitue une unité d'usage courant.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Note 2 à l'article: La distribution en énergie de la fluence de particules, Φ_E, est le quotient de dΦ sur dE, où dΦ est la fluence des particules d'énergie comprise entre E et E+dE. Il existe une définition analogue pour la distribution directionnelle, Φ_Ω, de la fluence de particules. La représentation complète de la fluence de particules différentielle double peut s'écrire (avec les arguments) $\Phi_{E,\Omega}$ (E,Ω), où les indices caractérisent les variables (grandeurs) de différenciation et où les symboles entre parenthèses décrivent les valeurs des variables. Les valeurs entre parenthèses sont requises pour des valeurs de fonction spéciales, par exemple la distribution en énergie de la fluence de particules à l'énergie, $E = E_0$, s'écrit sous la forme $\Phi_E(E_0)$. En l'absence d'indication de toute valeur spéciale, les parenthèses ne sont pas nécessaires.

3.1.2
débit de fluence de particules
débit de fluence
$\dot{\Phi}$

$$\dot{\Phi} = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2 N}{\mathrm{d}a \cdot \mathrm{d}t}$$

où dΦ est l'incrément de la fluence de particules au cours d'un intervalle de temps infinitésimal avec la durée dt

Note 1 à l'article: L'unité du débit de fluence est le $m^{-2}\ s^{-1}$, le $cm^{-2}\ s^{-1}$ constitue une unité d'usage courant.

3.1.3
transfert linéique d'énergie non limité
transfert linéique d'énergie
TLE
L_∞
pour une particule chargée ionisante, énergie moyenne $\mathrm{d}E_\infty$ impartie localement à une matière le long d'un petit trajet à travers la matière, moins la somme des énergies cinétiques de tous les électrons libérés, divisée par la longueur dl

$$L_\infty = \frac{\mathrm{d}E_\infty}{\mathrm{d}l}$$

Note 1 à l'article: L'unité du transfert linéique d'énergie est le $J\ m^{-1}$, le $keV\ \mu m^{-1}$ constitue une unité d'usage courant.

3.1.4
équivalent de dose
H
au point concerné dans le tissu

$$H = DQ$$

où D est la dose absorbée et Q est le facteur de qualité moyen à ce point

Note 1 à l'article: Q est déterminé par le transfert linéique d'énergie non limité, L_∞ (souvent désigné par L ou LET), de particules chargées traversant un élément de faible volume (domaines) au niveau de ce point (la valeur de L_∞ est donnée pour les particules chargées dans l'eau, pas dans le tissu; la différence, cependant, est faible). L'équivalent de dose à un point dans le tissu est alors donné par l'équation suivante:

$$H = \int_{L-0}^{\infty} Q(L) D_L \mathrm{d}L$$

où $D_L = \mathrm{d}D/\mathrm{d}L$ est la distribution en fonction de L de la dose absorbée au point concerné.

Note 2 à l'article: La relation de Q et L est donnée dans la Référence [2].

Note 3 à l'article: L'unité de l'équivalent de dose est le $J\ kg^{-1}$, également appelé sievert (Sv).

© ISO 2015 – Tous droits réservés

3.1.5
équivalent de dose ambiant
$H^*(10)$
équivalent de dose en un point dans un champ de rayonnement, qui serait produit par le champ expansé et unidirectionnel correspondant, dans la sphère ICRU, à une profondeur de 10 mm sur le rayon faisant face à la direction du champ unidirectionnel

Note 1 à l'article: L'unité de l'équivalent de dose ambiant est le J kg^{-1}, également appelé sievert (Sv).

3.1.6
coefficient de conversion fluence de particules-équivalent de dose ambiant
$h(10)^*_{\Phi}$
quotient de l'équivalent de dose ambiant, $H^*(10)$, et de la fluence de particules, Φ

$$h\left(10\right)^*_{\Phi} = \frac{H^*(10)}{\Phi}$$

Note 1 à l'article: L'unité du coefficient de conversion fluence de particules-équivalent de dose ambiant est le J m^2 kg^{-1} et son équivalent est le Sv m^2, le pSv cm^2 constitue une unité d'usage courant.

3.1.7
facteur de correction
K
facteur appliqué à une indication en vue de corriger l'écart existant entre les conditions de mesurage et les conditions de référence

3.1.8
profondeur atmosphérique
X_v
masse d'une colonne atmosphérique par surface unitaire au-dessus d'un point donné dans l'atmosphère

Note 1 à l'article: L'unité de la profondeur atmosphérique est le kg m^{-2}, le g cm^{-2} constitue une unité d'usage courant.

3.1.9
altitude barométrique étalon
pression d'altitude
altitude déterminée par un altimètre barométrique étalonné par référence à l'atmosphère type internationale (ISA) (ISO, 1975) lorsque les données de l'altimètre sont établies à 1 013,25 hPa

Note 1 à l'article: Le niveau de vol est parfois donné sous la forme FL 350, où le numéro représente les multiples de 100 pieds d'altitude-pression, sur la base de l'atmosphère ISA et d'un paramétrage de données à 1 013,25 hPa. Cependant, dans certains pays, les niveaux de vol sont exprimés en mètres, auquel cas il convient que les conversions appropriées soient réalisées avant d'appliquer les données communiquées dans la présente partie de l'ISO 20785.

3.1.10
rigidité magnétique
P
quantité de mouvement par charge (d'une particule dans un champ magnétique) donnée par:

$$P = \frac{p}{Ze}$$

où p est la quantité de mouvement de la particule, Z est le nombre de charges sur la particule et e est la charge du proton

Note 1 à l'article: L'unité de la rigidité magnétique est le tesla-mètre (T m) (= V m^{-1} s). Une unité d'usage courant est le V (ou GV) dans un système d'unités où les valeurs de la vitesse de la lumière, c, et la charge sur le proton, e, sont toutes deux de 1, et la rigidité magnétique est donnée par pc/Ze.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Note 2 à l'article: La rigidité magnétique caractérise des trajectoires de particules chargées dans des champs magnétiques. Toutes les particules en présence de la même rigidité magnétique ont des trajectoires identiques dans un champ magnétique sous vide, indépendantes de la masse, de la vitesse ou de la charge des particules.

3.1.11
rigidité de coupure géomagnétique
rigidité de coupure
r_c
rigidité magnétique minimale potentielle pour une particule incidente, pénétrant effectivement le champ géomagnétique pour atteindre un emplacement donné au-dessus de la surface de la Terre

Note 1 à l'article: La rigidité de coupure magnétique dépend de l'angle d'incidence. Souvent, l'incidence verticale à la surface de la Terre est supposée, auquel cas, la rigidité de coupure géomagnétique verticale représente la rigidité magnétique minimale potentielle pour une particule incidente verticale, atteignant effectivement un emplacement donné au-dessus de la surface de la Terre.

3.1.12
rigidité de coupure géomagnétique verticale
coupure verticale
coupure
rigidité magnétique minimale potentielle pour une particule incidente verticale, atteignant effectivement un emplacement donné au-dessus de la surface de la Terre

3.1.13
potentiel de décélération
ϕ
paramètre de modulation du rayonnement cosmique déduit à partir d'observations spatiales de la variation d'abondance de différentes espèces en fonction de l'époque du cycle solaire

Note 1 à l'article: Le potentiel de décélération peut être déduit soit à partir de l'indice des taches solaires, soit à partir des données des moniteurs à neutrons de Climax, en utilisant une simple équation linéaire qui dépend de la phase du cycle solaire.

3.2 Champ de rayonnement atmosphérique

3.2.1
rayonnement cosmique
rayons cosmiques
particules cosmiques
rayonnement ionisant composé de particules de haute énergie, des atomes totalement ionisés du rayonnement cosmique primaire, d'origine extraterrestre et de particules engendrées par interaction avec l'atmosphère et toute autre matière

3.2.2
rayonnement cosmique primaire
rayons cosmiques primaires
rayons cosmiques provenant de l'espace au niveau de l'orbite terrestre

3.2.3
rayonnement cosmique secondaire
rayons cosmiques secondaires
particules d'origine cosmique
particules créées, directement ou par des réactions en cascade, par les rayons cosmiques primaires interagissant avec l'atmosphère ou toute autre matière

Note 1 à l'article: Les neutrons, protons, photons, électrons, positrons, muons et, dans une moindre mesure, les pions et les ions plus lourds que les protons constituent des particules importantes, eu égard à la radioprotection et aux mesurages des rayonnements à bord d'un avion.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

3.2.4
rayonnement cosmique galactique
rayons cosmiques galactiques
GCR
rayons cosmiques provenant de l'extérieur du système solaire

3.2.5
rayons cosmiques solaires
particules solaires
rayonnement cosmique solaire
rayons cosmiques provenant du Soleil

3.2.6
événement de particules solaires
SPE
débit de fluence important de particules solaires énergétiques, projetées dans l'espace par une éruption solaire

Note 1 à l'article: Les événements de particules solaires sont directionnels.

3.2.7
augmentation au niveau du sol
GLE
augmentation soudaine du rayonnement cosmique, observée au niveau du sol par au moins deux stations de surveillance des neutrons enregistrant simultanément une augmentation supérieure à 3 % du taux de comptage moyenné sur 5 min associée aux particules solaires énergétiques

Note 1 à l'article: Une GLE est associée à un événement de particules solaires ayant un débit de fluence de particules élevé ainsi qu'une énergie élevée (supérieure à 500 MeV).

Note 2 à l'article: Les GLE sont des événements relativement rares, se produisant environ une fois par an en moyenne.

3.2.8
modulation solaire
variation du champ de rayonnement cosmique galactique (à l'extérieur de la magnétosphère terrestre), due à un changement de l'activité solaire et à la modification associée du champ magnétique de l'héliosphère

3.2.9
cycle solaire
période durant laquelle l'activité solaire varie, avec des écarts maximaux successifs d'un intervalle moyen de 11 ans environ

Note 1 à l'article: Si l'inversion de la polarité du champ magnétique solaire dans un hémisphère donné selon des périodes successives de 11 ans est prise en compte, il peut être considéré que le cycle solaire complet s'effectue en moyenne en quelque 22 années, soit le cycle de Hale.

Note 2 à l'article: Le cycle d'activité solaire, tel que mesuré par le nombre de taches solaires relatif, appelé nombre de Wolf, dure à peu près 11 ans, mais ce nombre varie entre 7 ans et 17 ans environ. Un cycle approximatif de 11 ans a été observé ou proposé pour le géomagnétisme, la fréquence des aurores boréales et d'autres caractéristiques ionosphériques.

3.2.10
nombre de taches solaires relatif
nombre de Wolf
mesurage d'activité des taches solaires, calculée à partir de l'expression $k(10g + f)$, où f est le nombre de taches individuelles, g est le nombre de groupes de taches et k est un facteur qui varie en fonction de l'expérience personnelle de reconnaissance de l'observateur et de l'observatoire (emplacement et instruments)

© ISO 2015 – Tous droits réservés

3.2.11
période d'activité maximale du cycle solaire
période d'activité solaire maximale au cours d'un cycle solaire, généralement définie en termes de nombre de taches solaires relatif

3.2.12
période d'activité minimale du cycle solaire
période d'activité solaire minimale au cours d'un cycle solaire, généralement définie en termes de nombre de taches solaires relatif

3.2.13
moniteur à neutrons de rayons cosmiques
moniteur à neutrons au niveau du sol
GLNM
détecteur de grande taille utilisé pour mesurer le débit de fluence relatif en fonction du temps de la composante haute énergie du rayonnement cosmique, notamment les neutrons secondaires générés dans l'atmosphère

Note 1 à l'article: Les protons, autres hadrons et muons peuvent également être détectés.

Note 2 à l'article: Installés en de multiples emplacements et altitudes à la surface de la Terre (et éventuellement à bord de navires ou d'avions), des moniteurs à neutrons sont utilisés pour les diverses études menées sur le rayonnement cosmique et pour déterminer les fluctuations de l'activité solaire.

4 Considérations générales

4.1 Description générale du champ de rayonnement cosmique dans l'atmosphère

Le rayonnement cosmique galactique primaire (et les particules solaires énergétiques) interagissent avec les noyaux atomiques des constituants atmosphériques, produisant une cascade d'interactions et générant des particules secondaires qui contribuent à l'exposition au rayonnement cosmique dont l'intensité diminue en fonction de l'épaisseur d'atmosphère traversée, depuis les altitudes de vol des avions jusqu'au niveau de la mer[6]. Le rayonnement cosmique galactique (GCR) peut avoir des énergies jusqu'à 10^{20} eV, mais les particules de plus faible énergie sont les plus abondantes. Une fois que le rayonnement cosmique galactique pénètre dans le champ magnétique du système solaire, la valeur maximale de sa distribution en énergie s'établit de quelques centaines de MeV jusqu'à 1 GeV par nucléon, selon l'activité magnétique solaire, et le spectre suit une fonction de puissance de la forme $E^{-2,7}$ eV jusqu'à 10^{15} eV. Au-delà de ce niveau d'énergie, la courbe du spectre s'établit en E^{-3}. Le débit de fluence du rayonnement cosmique galactique pénétrant dans le système solaire est relativement constant dans le temps, et ces ions énergétiques arrivent à la surface de la Terre de façon isotrope.

Les champs magnétiques terrestre et solaire affectent également le nombre relatif de protons du rayonnement cosmique galactique, ainsi que celui des ions plus lourds qui atteignent l'atmosphère. La composition en ions du rayonnement cosmique galactique pour une coupure géomagnétique peu élevée et une activité solaire faible est approximativement de 90 % de protons, de 9 % d'ions He, de 1 % d'ions plus lourds. À une coupure verticale de 15 GV, la composition est d'environ 83 % de protons, de 15 % d'ions He et de près de 2 % d'ions plus lourds[7].

Les composantes variables de l'équivalent de dose ambiant, dues aux divers constituants du rayonnement cosmique secondaire dans l'atmosphère en fonction de l'altitude, sont illustrées sur la Figure 1. Au niveau de la mer, les muons constituent la composante dont la contribution à l'équivalent de dose ambiant et à la dose efficace est la plus importante. Aux altitudes de vol des avions, les neutrons, électrons/positrons, protons, photons et muons constituent les éléments les plus significatifs. À des altitudes plus élevées, les ions, plus lourds que les protons, sont à prendre en compte. Les figures illustrant les distributions en énergie normalisées représentatives des débits de fluence de l'ensemble des particules pour des coupures et des altitudes faibles et élevées, aux périodes d'activité minimale et maximale du cycle solaire, sont présentées à l'Annexe A.

 © ISO 2015 – Tous droits réservés